

## تأثیر ۱۲ هفته تمرینات هوازی شدت متوسط بر تراکم استخوانی و شاخص‌های سرمی استخوان در زنان یائسه کم‌تحرک

عباس مال‌اندیش<sup>۱</sup>، بختیار ترتیبیان<sup>۲</sup>، محمد رحمتی یامچی<sup>۳</sup>

۱. دکتری فیزیولوژی ورزشی دانشگاه ارومیه\*

۲. دانشیار فیزیولوژی ورزشی دانشگاه علامه طباطبائی

۳. دانشیار بیوشیمی بالینی مرکز تحقیقات کاربردی دارویی دانشگاه علوم پزشکی تبریز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۰۱

### چکیده

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر ۱۲ هفته‌ای تمرین هوازی با شدت متوسط بر تراکم مواد معدنی استخوانی مهره‌های کمری و گردن ران و نیز سطوح سرمی کلسیم و فسفر در زنان یائسه کم‌تحرک بود. جامعه آماری این پژوهش را زنان یائسه سالم و کم‌تحرک ۵۵ تا ۷۰ ساله شهرستان ارومیه تشکیل دادند. جهت انجام پژوهش، ۲۰ زن یائسه سالم و کم‌تحرک داوطلب و واجد شرایط (با میانگین سنی  $60 \pm 2/12$  سال، قد  $156/71 \pm 6/17$  سانتی‌متر، وزن  $72/47 \pm 10/28$  کیلوگرم و شاخص توده بدن  $29/46 \pm 3/24$  کیلوگرم بر مترمربع) به صورت تصادفی در دو گروه فعالیت ورزشی (۱۱ زن) و کنترل (۹ زن) قرار گرفتند. گروه فعالیت ورزشی به مدت ۱۲ هفته، هر هفته سه جلسه و در هر جلسه به مدت ۵۰ تا ۶۰ دقیقه تمرین هوازی پیاده‌روی و دوی سبک با شدت ۶۵ الی ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب را در نوبت صبح اجرا کرد، اما گروه کنترل در هیچ مداخله‌ای شرکت نداشت. شایان‌ذکر است که ۲۴ ساعت قبل و نیز پس از ۱۲ هفته برنامه تمرینی، به منظور اندازه‌گیری تراکم استخوانی و شاخص‌های سرمی، به ترتیب دانسیتومتری و نمونه‌گیری خون از گروه فعالیت ورزشی و کنترل به عمل آمد. همچنین، ارزیابی تراکم استخوانی مهره‌های کمری و گردن ران با دستگاه دگزا انجام شد و ارزیابی سطوح سرمی کلسیم و فسفر به ترتیب با دستگاه‌های اتوآنالایزر و بیوتکنیکال این‌استرومنت ایتالیا صورت گرفت. علاوه بر این، اطلاعات مربوطه با به‌کارگیری روش آماری توصیفی و استنباطی آنکوا در سطح معناداری ( $P \leq 0.05$ ) و با استفاده از نرم‌افزار اس. پی. اس. اس نسخه ۲۳ تجزیه و تحلیل گردید. نتایج نشان می‌دهد که در گروه فعالیت ورزشی در مقایسه با گروه کنترل پس از ۱۲ هفته تمرین هوازی شدت متوسط، تفاوت معناداری در تراکم استخوانی مهره‌های کمری و گردن ران، تی اسکور مهره‌های کمری و گردن ران و نیز سطوح سرمی کلسیم و فسفر مشاهده نمی‌شود ( $P > 0.05$ ). نتایج درون‌گروهی نیز تفاوت معناداری را در هیچ‌یک از متغیرها نشان نمی‌دهد ( $P > 0.05$ ). به‌طور کلی، یافته‌ها بیانگر آن است که ۱۲ هفته برنامه فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط مانند پیاده‌روی و دوی سبک، تأثیری بر تراکم استخوانی و سطوح سرمی کلسیم و فسفر ندارد.

**واژگان کلیدی:** تراکم مواد معدنی استخوان، کلسیم، فسفر، فعالیت ورزشی هوازی، یائسگی

## مقدمه

یکی از مشکلات بزرگ سلامتی در قرن حاضر، استئوپروز است. استئوپروز از نظر لغوی به معنای کاهش تراکم استخوانی و زوال ساختارهای سازنده بافت استخوان است (۱-۴). تقریباً، از هر چهار زن و از هر هشت مرد بالای ۵۰ سال، یک نفر مبتلا به پوکی استخوان می‌باشد (۵). اگرچه شیوع کاهش استخوان در زنان به علت کاهش عوامل هورمونی مانند استروژن بیشتر است (۶)، اما تعداد مردان با شکستگی‌های استئوپروتیک نیز روبه‌افزایش است (۶،۷). همچنین، شواهدی وجود دارد که در حضور استروژن، عواملی مانند استئوسیت‌ها، استئوپروترگین و تعدادی از گیرنده‌های تی. ان. اف<sup>۱</sup> تولید می‌شوند که به عنوان عوامل ممانعت‌کننده از تولید و تکثیر استئوکلاست‌ها شناخته شده‌اند (۸،۹). بیشترین میزان تراکم توده استخوانی در زنان حدود ۳۵ سالگی است و در مردان نیز در سن ۳۵ سالگی رخ می‌دهد که این مقدار در زنان، ۳۰ درصد کمتر از مردان است. همچنین، سرعت پوک شدن استخوان زنان در مقایسه با مردان بیشتر است (۴)؛ بدین معنی که زنان چهار برابر بیشتر از مردان در معرض پیشرفت پوکی استخوان قرار دارند. کلسیم یکی از اجزای معدنی خون است که به تنظیم ضربان قلب، انتقال پیام‌های عصبی، انقباض عضلات و تشکیل استخوان و دندان‌ها کمک می‌کند (۳). همچنین، نقش متابولیکی و ساختاری بسیار مهم مواد معدنی، به ویژه کلسیم و فسفر در رشد استخوان تأثیرگذار بوده و به عنوان شاخص‌های اولیه نشان‌دهنده خطر شکستگی بر اثر پوکی استخوان محسوب می‌شوند. با توجه به تأثیر فعالیت ورزشی بر هورمون‌های کلسی‌تروپیک، اثبات شده است که فعالیت ورزشی، تعادل کلسیم را به صورت مثبتی بهبود بخشیده و باعث افزایش توده اسکلتی می‌شود که عمدتاً از طریق افزایش سطوح یک و ۲۵ ویتامین "د"، کاهش سرمی هورمون پاراتیروئید و افزایش جذب کلسیم روده‌ای صورت می‌گیرد (۱۰)؛ لذا، حفظ تعادل کلسیم خون نقش مهمی را در افزایش تراکم استخوانی برعهده دارد. علاوه بر این، فسفر، املاح ماکرومینرال است که یک درصد از وزن بدن را تشکیل می‌دهد. فسفر در ساختمان تمام کروموزوم‌ها و غشای سلول‌های بدن وجود دارد و به حفظ اسیدیتته<sup>۲</sup> خون کمک می‌کند. همچنین، فسفر به صورت ترکیب با کلسیم، به تشکیل مواد سخت و بلوری موجود در بافت استخوان کمک کرده و باعث کاهش دردهای استخوانی می‌شود. در این راستا، لی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که نسبت کلسیم/فسفر، رابطه مثبتی با تراکم توده استخوانی گردن ران دارد (۱۱). همچنین، کالو و توکر<sup>۴</sup> (۲۰۱۳) بیان کردند که فسفر، توده استخوانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۲). نتایج مطالعات کریختون و

- 
1. TNF
  2. PH
  3. Lee
  4. Calvo & Tucker

همکاران (۲۰۰۱) نیز نشان داد برای این که تمرین ورزشی و فعالیت بدنی موجب افزایش تراکم استخوانی شود می‌بایست نیروی عکس‌العمل زمین در آن حداقل سه برابر وزن بدن باشد تا فشار زیادی به استخوان‌ها وارد شود (۱۳). همان‌طور که اشاره شد، فعالیت‌های ورزشی با تحمل وزن باعث سازگاری‌های مثبت اسکلتی می‌شوند، اما میزان باری که برای سازگاری مثبت استخوان لازم است مشخص نمی‌باشد. آستانه تحریک برای یک محرک که به‌عنوان شروع‌کننده تشکیل استخوان جدید باشد، "حداقل کشش مؤثر"<sup>۱</sup> نامیده می‌شود (۳،۱۴). باور بر این است که بار یا نیرویی که بیشتر از این آستانه باشد و به تعداد کافی تکرار شود، سلول‌های استخوان‌ساز (استئوبلاست‌ها) را وادار به تولید استخوان می‌کند و درنهایت، منجر به تشکیل استخوان جدید می‌شود؛ بنابراین، حداقل کشش مؤثر و میزان بار وارده که برای سازگاری‌های مثبت اسکلتی در انسان لازم است، دقیقاً مشخص نمی‌باشد، اما میزان تحریک می‌بایست شامل نیروهای بسیار بزرگ‌تر از آن چیزی که معمولاً در فعالیت همیشگی وارد می‌شود باشد. دلیل بسیار محکمی برای این موضوع وجود دارد که فعالیت‌های ورزشی با تحمل وزن و برخوردی - فشاری (مانند پیاده‌روی و دوومیدانی) می‌توانند باعث افزایش تراکم استخوانی یا کاهش از دست‌رفتن تراکم استخوانی مربوط به سن شوند (۱۵). اگر چه سازوکارهای دقیقی که در آن فعالیت ورزشی با تحمل وزن باعث بهبود یا حفظ تراکم مواد معدنی استخوان می‌شود نامشخص هستند، اما به‌وضوح روشن است که افزایش فشار مکانیکی بر استخوان منجر به تغییرات فیزیولوژیکی متعددی می‌گردد که باعث افزایش یا حفظ تراکم استخوانی می‌شود (۱۶-۱۴). از آن‌جا که میزان کم تمرین ورزشی برای سلامتی استخوان مفید است، لزوماً میزان بیشتری از آن بهتر نمی‌باشد. به‌عبارت‌دیگر، میزان بیش‌ازحد فعالیت ورزشی به‌صورت بالقوه می‌تواند از حد توانایی سازگار شدن استخوان فراتر رود و منجر به کاهش تراکم مواد معدنی استخوان و یا آسیب‌های مفرط شود؛ لذا، فعالیت ورزشی با تحمل وزن نزدیک به حداقل کشش مؤثر - نه خیلی کمتر و نه خیلی بیشتر - مانند فعالیت ورزشی هوازی با تحمل وزن شدت متوسط مانند پیاده‌روی و دوی سبک به‌همراه گرم‌کردن و بازگشت به حالت اولیه فعال می‌تواند به‌عنوان محرکی برای شروع تشکیل استخوان جدید باشد (۱۰)؛ بنابراین، فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط کوتاه‌مدت از عوامل تأثیرگذار بر بافت استخوانی است. به‌عبارت‌دیگر، یک برنامه فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط پیاده‌روی و دوی سبک به‌همراه گرم‌کردن در ابتدا و سردکردن/ بازگشت به

حالت اولیه فعال درانتهای این نوع شیوه تمرینی (۱۰) ممکن است باعث تغییرات بازسازی و تراکم استخوانی شده و در نتیجه، امکان تغییر عملکرد دستگاه اسکلتی را به همراه داشته باشد. این تغییرات احتمالی ممکن است از طریق تغییر تراکم استخوانی و سطوح سرمی کلسیم و فسفر که به-عنوان شاخص‌های مهم در بافت استخوان محسوب می‌شوند امکان‌پذیر باشد؛ بنابراین، این پرسش در پژوهش حاضر چنین بیان می‌شود که آیا شیوه تمرینی برنامه فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط پیاده‌روی و دوی سبک، تغییرات توده استخوانی را به همراه دارد یا خیر؟ و آیا فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط پیاده‌روی و دوی سبک می‌تواند شاخص‌هایی از دستگاه اسکلتی (یعنی توده استخوانی) از جمله تراکم مواد معدنی استخوانی و سطوح سرمی کلسیم و فسفر را در-جهت بهبود بازسازی و تشکیل استخوان تغییر دهد؟ علاوه بر این، پرداختن به این تفکر که پیشگیری بهتر از درمان است، یک اصل اساسی در رابطه با وضعیت استخوانی زنان مسن می‌باشد. شایان ذکر است که بیماری پوکی استخوان هزینه‌های زیادی را به جامعه و فرد تحمیل می‌نماید؛ به طوری که براساس بررسی‌های صورت گرفته در دانشگاه علوم پزشکی تهران، استئوپورز مسئول از دست رفتن بیش از ۳۶ هزار سال زندگی مردان و زنان ایرانی در مقیاس دالی<sup>۱</sup> است؛ لذا، می‌توان گفت که صرف هزینه‌های بالا برای پوکی استخوان و شکستگی‌های مکرر ناشی از این بیماری، درد و ناراحتی‌های روانی ناشی از تغییر شکل بدن و غیره، ضرورت پیشگیری از این بیماری را نشان می‌دهد؛ از این رو، هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر ۱۲ هفته فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط بر شاخص‌های توده استخوانی از جمله تراکم مواد معدنی استخوانی مهره‌های کمری و ران و نیز سطوح سرمی کلسیم و فسفر در زنان یائسه کم‌تحرک ۵۵ تا ۷۰ ساله می‌باشد.

## روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع مطالعات نیمه تجربی با دو گروه پیش‌آزمون و پس‌آزمون است. جامعه آماری این پژوهش را کلیه زنان یائسه سالم و کم‌تحرک ۵۵ تا ۷۰ ساله شهرستان ارومیه تشکیل دادند. طی فراخوان به عمل آمده، ۲۰۰ زن یائسه سالم و کم‌تحرک جهت شرکت در پژوهش اعلام آمادگی کردند که از این میان، تعداد ۲۰ آزمودنی واجد شرایط به صورت داوطلب به عنوان نمونه‌های این پژوهش انتخاب گردیدند. شایان ذکر است که زنان یائسه در دامنه سنی ۵۵ تا ۷۰ سال قرار داشتند و می‌بایست حداقل یک سال از دوران یائسگی آن‌ها سپری می‌شد. همچنین، هیچ‌یک از آزمودنی‌ها سابقه بیماری و اختلالات هورمونی اثرگذار بر متابولیسم استخوان را نداشتند، در زمان پژوهش

تحت‌درمان دارویی نبودند، هیچ‌گونه سابقه ورزشی نداشتند و حداقل شش ماه پیش از شرکت در برنامه تمرینی این پژوهش، در هیچ برنامه ورزشی شرکت نکرده بودند. پس از اخذ رضایت‌نامه آگاهانه، آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به دو گروه تجربی (۱۱ نفر) و کنترل (نه نفر) تقسیم شدند (جدول شماره یک). گروه فعالیت ورزشی در برنامه فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط پیاده‌روی و دوی سبک بر روی تردمیل به همراه گرم کردن در ابتدا و بازگشت به حالت اولیه فعال در انتهای این نوع شیوه تمرینی<sup>۱</sup> به مدت ۱۲ هفته شرکت داشتند؛ درحالی‌که گروه کنترل در هیچ برنامه تمرینی مشارکت نکرد. علاوه بر این، وضعیت تندرستی آزمودنی‌ها توسط پرسش‌نامه تندرستی و پزشکی - ورزشی هنجار شده (۱۷) و نیز دستگاه سنجش تراکم استخوان (مدل هولوجیک<sup>۲</sup> آمریکا) به منظور بررسی سالم بودن دستگاه اسکلتی (بافت استخوان) توسط پزشک فوق تخصص روماتولوژی ارزیابی گردید. همچنین، متغیرهای زمینه‌ای مانند سن، قد و وزن آزمودنی‌ها به ترتیب با استفاده از شناسنامه، قدسنج دیجیتالی (کمپانی بیورر<sup>۳</sup> آلمان) با دقت یک میلی‌متر و ترازوی دیجیتالی (کمپانی بیورر آلمان) با دقت ۱۰۰ گرم ارزیابی شد. علاوه بر این، درصد چربی و شاخص توده بدن با استفاده از دستگاه دگزا<sup>۴</sup>، ضربه قلب با استفاده از ضربان‌سنج دیجیتالی پولار<sup>۵</sup> (ساخت سوئد) و فشارخون نیز با استفاده از فشارسنج دیجیتالی امرون (ساخت چین) اندازه‌گیری گشت. شایان‌ذکر است که نمونه‌های خونی ۲۴ ساعت قبل از هر نوع برنامه تمرینی از آزمودنی‌های دو گروه جمع‌آوری شد. در مرحله بعدی، نمونه‌های خونی ۲۴ ساعت پس از پایان آخرین جلسه تمرینی از آزمودنی‌ها گرفته شد. لازم به ذکر است که سه روز قبل از خون‌گیری در پیش‌آزمون و پس‌آزمون، به تمام آزمودنی‌ها غذای یکسان داده شد. همچنین، قبل از تمرین و ۱۲ هفته پس از تمرین نیز تراکم استخوانی آزمودنی‌ها با استفاده از روش دگزا ارزیابی گردید و سطوح سرمی کلسیم و فسفر (برحسب دسی‌لیتر/ میلی‌گرم) به ترتیب با دستگاه‌های اتومات شده استاندارد بی‌تی<sup>۶</sup> - ۱۵۰۰ و بیوتکنیکال این‌استرومنت<sup>۷</sup> ایتالیا ارزیابی شدند.

1. Warm Up-Walking & Jogging Moderate Intensity Exercise Program-Recovery (W-WJMIEP-R)
2. Hologic
3. Beurer
4. DXA
5. Polar
6. BT
7. Biotechnical Instrument

به منظور تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی از آزمون نوارگردان جورج<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹۹۶) استفاده شد (۱۸). گروه فعالیت ورزشی، برنامه فعالیت ورزشی هوازی پیاده روی و دوی سبک با شدت متوسط ۶۵ الی ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب تمرین را بر روی تردمیل انجام دادند که زمان هر جلسه تمرین، ۵۰ تا ۶۰ دقیقه بود که به صورت سه جلسه در هفته و به مدت ۱۲ هفته در نوبت صبح (۱۱:۳۰ - ۱۰:۰۰) اجرا گردید. هر جلسه تمرینی نیز شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن، ۳۵ تا ۴۵ دقیقه تمرینات هوازی شدت متوسط از جمله پیاده روی و دوی سبک و پنج دقیقه برای سرد کردن یا ریکاوری (برگشت به حالت اولیه فعال) بود (۱۰)؛ به طوری که گروه فعالیت ورزشی، هفته اول را با ۵۰ درصد، دو هفته دوم را با ۶۰ درصد، چهار هفته سوم را با ۶۵ درصد و پنج هفته آخر را با ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب بر روی تردمیل اجرا کردند. گروه کنترل نیز طی این ۱۲ هفته، هیچ نوع فعالیت ورزشی منظمی نداشتند و شیوه عادی زندگی خود را دنبال کردند.

به منظور ارزیابی تراکم استخوانی مهره‌های کمری و گردن ران آزمودنی‌ها از دستگاه دگرا<sup>۲</sup> استفاده شد؛ به طوری که ابتدا آزمودنی به حالت دمر بر روی تخت دستگاه هولوجیک دراز کشیده و بالاتنه کاملاً صاف، دست‌ها صاف در امتداد تنه و ناحیه ران و زانوها نیز تقریباً در زاویه ۱۳۵ درجه قرار داشتند. سپس، پانل دستگاه روی بدن آزمودنی‌ها قرار می‌گرفت. ابتدا، عکس برداری و ارزیابی از ناحیه مهره‌های اول تا چهارم کمری به عمل آمد؛ به صورتی که نور لیزر به وسیله لنز دستگاه، درست در زیر مهره چهارم کمری (حدوداً زیر ناف) تنظیم شد. همین آزمایش (عکس برداری) در مورد گردن ران آزمودنی‌ها نیز به عمل آمد؛ با این تفاوت که از آزمودنی‌ها خواسته شد کل بدن به شکل کاملاً صاف بر روی تخت دستگاه قرار گیرد. سپس، کارشناس آزمایشگاه پنجه پای موردنظر (چپ) را با بند مخصوص دستگاه (به دلیل چرخش داخلی پا) به تکیه‌گاه ثابت موجود در انتهای تخت می‌بست (شکل شماره دو). این امر باعث چرخش داخلی ناحیه ران می‌شد تا اشعه دستگاه به تمام نواحی گردن ران برخورد کند. سپس، پانل دستگاه در بالای پای موردنظر (چپ) قرار می‌گرفت و پس از فرمان کامپیوتر، عکس برداری آغاز می‌شد. مدت زمان هر دو آزمایش عکس برداری تقریباً ۱۰ الی ۱۵ دقیقه طول کشید.

همچنین، به منظور ارزیابی سطوح سرمی کلسیم و فسفر، با استفاده از سوزن‌های ونوجکت<sup>۳</sup> از ورید بازویی دست چپ آزمودنی‌ها در حالت نشسته بر روی صندلی و استراحت، پنج سی‌سی نمونه خون در دو نوبت پیش‌آزمون و پس‌آزمون در حالت ۱۲ ساعت ناشتایی به وسیله تکنسین آزمایشگاه گرفته شد. در ادامه و برای جداسازی سرم، نمونه‌های خونی پس از ۱۵ دقیقه لخته شدن در دمای اتاق، در

- 
1. George
  2. DXA
  3. Venoject

دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند و سطوح سرمی کلسیم و فسفر (بر حسب دسی‌لیتر/میلی‌گرم) به ترتیب با دستگاه‌های اتومات شده استاندارد اتوآنالایزر بی‌تی - ۱۵۰۰ و بیوتکنیکال این‌استرومنت ایتالیا توسط کیت‌های بیوشیمی پارس‌آزمون ارزیابی گردیدند.

به منظور آزمون پیش‌فرض‌های پژوهش، ابتدا طبیعی بودن داده‌های حاصل از تراکم استخوانی و سطوح سرمی کلسیم و فسفر با استفاده از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف بررسی شد. در مقایسه میانگین ویژگی‌های عمومی دو گروه نیز از آزمون تی مستقل استفاده گردید. همچنین، جهت تعیین وجود تفاوت معنادار درون‌گروهی و بین‌گروهی پیش‌آزمون و پس‌آزمون به ترتیب تی هم‌بسته و آنکوا<sup>۱</sup> مورد استفاده قرار گرفت. تست شیب و همگنی واریانس‌ها نیز برای پیش‌فرض‌های آزمون آنکوا به کار رفت. شایان‌ذکر است که تمامی آنالیزهای آماری به وسیله نرم‌افزار اس. پی. اس. نسخه ۲۳ و در سطح معناداری پنج درصد انجام گرفت.

## نتایج

جدول شماره یک ویژگی‌های فیزیولوژیکی و آنتروپومتریکی زنان یائسه کم‌تحرک و سالم گروه فعالیت ورزشی و گروه کنترل را با مقایسه میانگین متغیرهای آن‌ها با استفاده از تی مستقل نشان می‌دهد. بر مبنای جدول مشاهده می‌شود که این ویژگی‌ها به لحاظ فیزیولوژیکی همگن هستند و تفاوت معناداری بین آن‌ها وجود ندارد. علاوه بر این، یافته‌ها نشان می‌دهد که تراکم استخوانی مهره‌های کمری و گردن ران، تی اسکور<sup>۳</sup> دو ناحیه مذکور و نیز سطوح سرمی کلسیم و فسفر پس از ۱۲ هفته فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط در سطح درون‌گروهی (جدول شماره دو) و بین‌گروهی (جدول شماره سه) تفاوت معناداری ندارد ( $P>0.05$ ). با این حال، ضرایب اتا<sup>۴</sup> در جدول شماره سه حاکی از این است که ۱۲ هفته فعالیت ورزشی شدت متوسط، تأثیر مثبتی بر تراکم استخوانی مهره‌های کمری اول و چهارم به ترتیب به میزان ۴/۸ درصد (۰/۰۱ افزایش تراکم استخوانی) و ۷/۷ درصد (۰/۰۴ افزایش تراکم استخوانی) دارد و در ناحیه گردن ران نیز به ازای (۰/۰۰۶) افزایش تراکم استخوانی، معادل ۵/۳ درصد تأثیر مثبت دارد. علاوه بر این، در شاخص‌های سرمی، تعادل کلسیم

1. ANCOVA
2. SPSS 23
3. T Score
4. Eta

تقریباً ثابت باقی مانده است و تأثیر ۱۲ هفته فعالیت ورزشی شدت متوسط بر فسفر نیز کاهشی معادل (۰/۰۱)؛ یعنی تأثیر مثبت ۱۰ درصدی را به همراه داشته است (جدول شماره سه).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیولوژیک زنان یائسه کم‌تحرک و مقایسه میانگین متغیرهای دو گروه در حالت پایه

متغیر	گروه فعالیت ورزشی (۱۱ زن)	گروه کنترل (۹ زن)	تست لون	سطح معنادار	تی مستقل	سطح معنادار
سن (سال)	۶۰/۵۹ ع ۲/۵۷	۶۲/۲۴ ع ۴/۳۶	۱/۳۹۵	۰/۲۵۴	--۰/۲۲۳	۰/۸۲۶
قد (سانتی‌متر)	۱۵۵/۵۹ ع ۶/۲۷	۱۵۸/۲۵ ع ۶/۰۸	۰/۰۰۱	۰/۹۹۷	۰/۹۲۳	۰/۳۶۹
وزن (کیلوگرم)	۷۳/۱۸ ع ۱۰/۳۰	۷۱/۵۰ ع ۱۰/۸۸	۰/۱۷۱	۰/۶۸۵	--۰/۳۴۳	۰/۷۳۶
مقادیر چربی (درصد)	۴۲/۰۳ ع ۵/۱۰	۴۱/۷۰ ع ۱/۵۱	۲/۴۹۵	۰/۱۴۰	--۰/۱۱۰	۰/۹۱۴
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/مترمربع)	۲۹/۶۸ ع ۵/۱۷	۲۸/۵۶ ع ۱/۷۰	۱/۴۶۵	۰/۲۴۳	--۰/۵۵۴	۰/۵۸۷
فشارخون سیستول (میلی‌متر جیوه)	۱۱۳/۵۰ ع ۱۱/۴۷	۸/۰۸ ع ۱۱۱/۰۰	۳/۴۵۹	۰/۰۸۰	۰/۷۱۶	۰/۴۸۴
فشارخون دیاستول (میلی‌متر جیوه)	۷۲/۷۰ ع ۵/۷	۷۴/۰۰ ع ۶/۳۴	۴/۷۶۸	۰/۰۵۲	۰/۷۶۳	۰/۴۵۶
ضربان قلب استراحت (ضربان/دقیقه)	۷۸/۹۰ ع ۸/۲۷	۷۱/۳۳ ع ۸/۵۰	۱/۱۲۳	۰/۳۰۴	-۱/۳۷۹	۰/۱۸۶
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌متر/کیلوگرم/دقیقه)	۳۹/۰۵ ع ۲/۲۵	۳۹/۷۱ ع ۱/۳۸	۰/۳۳۴	۰/۵۷۹	۱/۰۱۱	۰/۳۴۲

اعداد برحسب میانگین و انحراف معیار استاندارد بیان شده‌اند. \* تفاوت معنادار (P<0.05)



جدول ۲- مقایسه میانگین تغییرات درون گروهی پیش آزمون و پس آزمون ۱۲ هفته برنامه فعالیت هوازی در گروه فعالیت ورزشی و کنترل با استفاده از تی هم بسته

متغیر	پیش آزمون	پس آزمون	درجه آزادی	تی	سطح معنادار
<b>گروه فعالیت ورزشی / تراکم استخوان</b>					
مهرة كمرى اول	۰/۱۱ ع ۰/۹۱۰	۰/۱۲ ع ۰/۹۲۹	۱۰	-۱/۳۴	۰/۲۰۸
مهرة كمرى دوم	۰/۱۰ ع ۱/۰۶۹	۰/۱۱ ع ۱/۰۴۴	۱۰	۱/۹۲	۰/۰۸۴
مهرة كمرى سوم	۰/۱۱ ع ۱/۰۹۱	۰/۱۲ ع ۱/۰۷۲	۱۰	۱/۰۵	۰/۳۱۷
مهرة كمرى چهارم	۰/۱۱ ع ۱/۰۸۴	۰/۱۰ ع ۱/۰۸۸	۱۰	-۰/۴۰	۰/۶۹۲
مهرة‌هاى كمرى	۰/۱۰ ع ۱/۰۴۵	۰/۱۱ ع ۱/۰۳۹	۱۰	۰/۶۷	۰/۵۱۵
تى اسكور مهرة‌هاى كمرى	۰/۰۰۱ ع ۰/۹۴	۱/۰۰ ع ۰/۰۷۳	۱۰	۰/۹۳۸	۰/۳۷۱
گردن ران	۰/۰۴ ع ۰/۷۷۹	۰/۰۴ ع ۰/۷۷۳	۱۰	۰/۸۳	۰/۴۲۲
تى اسكور گردن ران	۰/۳۷ ع ۰/۵۹۱	۰/۴۶ ع ۰/۶۱۸	۱۰	۰/۴۳۰	۰/۶۷۶
كلسىم	۰/۳۵ ع ۹/۴۳	۰/۴۵ ع ۹/۴۲	۱۰	۰/۰۶	۰/۹۵۳
فسفر	۰/۲ ع ۳/۱۹	۰/۲۰ ع ۳/۱۸	۱۰	۰/۰۳	۰/۹۷۵
<b>گروه كنترل / تراكم استخوان</b>					
مهرة كمرى اول	۰/۱۱ ع ۰/۸۶۶	۰/۱۳ ع ۰/۹۰۴	۸	-۱/۸۱	۰/۱۱۳
مهرة كمرى دوم	۰/۱۰ ع ۱/۰۲۶	۰/۱۱ ع ۱/۰۲۳	۸	۰/۱۹	۰/۸۵۳
مهرة كمرى سوم	۰/۱۰ ع ۱/۰۵۰	۰/۰۹ ع ۱/۰۲۴	۸	۲/۱۳	۰/۰۷۱
مهرة كمرى چهارم	۰/۱۱ ع ۱/۰۷۴	۰/۱۳ ع ۱/۰۶۰	۸	۱/۱۴	۰/۲۸۹
مهرة‌هاى كمرى	۰/۰۹ ع ۱/۰۱۲	۰/۱۰ ع ۱/۰۰	۸	۰/۳۸	۰/۷۱۰
تى اسكور مهرة‌هاى كمرى	۰/۸۵ ع ۰/۳۰	۰/۹۶ ع ۰/۳۲۷	۸	۰/۴۳۴	۰/۶۷۸
گردن ران	۰/۱۰ ع ۰/۸۲۹	۰/۰۹ ع ۰/۸۲۹	۸	۰/۰۰	۱/۰۰
تى اسكور گردن ران	۰/۸۸ ع ۰/۱۱۳	۰/۸۸ ع ۰/۱۷۵	۸	۰/۴۸۳	۰/۶۴۴
كلسىم	۰/۲۸ ع ۹/۲۸	۰/۹۱ ع ۹/۳۸	۸	-۰/۲۵	۰/۸۰۹
فسفر	۰/۳۱ ع ۳/۱۹	۰/۲۵ ع ۳/۳۳	۸	-۰/۶۹	۰/۵۱۹

اعداد برحسب میانگین و انحراف معیار استاندارد بیان شده‌اند/ ( $g/cm^2$ ) و (دسی لیتر/ میلی گرم).  
\* تفاوت معنادار ( $P \leq 0.05$ )

جدول ۳- مقایسه میانگین تغییرات بین گروهی پیش‌آزمون و پس‌آزمون ۱۲ هفته برنامه فعالیت ورزشی هوازی در گروه فعالیت ورزشی و کنترل با استفاده از آزمون آنکوا

متغیرها	گروه فعالیت ورزشی (۱۱ زن)		گروه کنترل (۹ زن)		درجه آزادی	سطح معنادار تست لون	آنکوا	تست آنکوا سطح معنادار	ضریب اتا
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون					
تراکم استخوانی (g/cm <sup>2</sup> )									
مهده کبری اول	۰/۹۱ ع ۰/۱۱	۰/۹۲۹/۱۲ ع ۰/۱۰	۰/۸۶۶/۱۱ ع ۰/۱۰	۰/۱۳ ع ۰/۹۰۴	۱	۰/۶۲۷	۰/۸۰۷	۰/۳۸۲	۰/۰۴۸
مهده کبری دوم	۱/۰ ع ۰/۰۶۹	۱/۰ ع ۰/۴۴/۱۱	۱/۰ ع ۰/۲۶/۱۰	۱/۰ ع ۰/۱۱/۰۲۳	۱	۰/۹۳۱	۱/۳۸	۰/۲۵۶	۰/۰۸۰
مهده کبری سوم	۱/۰ ع ۰/۰۹۱	۱/۰ ع ۰/۷۲/۱۲	۱/۰ ع ۰/۵۰/۱۰	۱/۰ ع ۰/۰۹/۰۲۴	۱	۰/۴۴۰	۰/۱۷۷	۰/۶۷۹	۰/۰۱۱
مهده کبری چهارم	۱/۰ ع ۰/۰۸۴	۱/۰ ع ۰/۸۸/۱۰	۱/۰ ع ۰/۷۴/۱۱	۱/۰ ع ۰/۱۳/۰۶۰	۱	۰/۴۵۳	۱/۳۴	۰/۲۶۴	۰/۰۷۷
مهده‌های کبری	۱/۰ ع ۰/۰۴۵	۱/۰ ع ۰/۳۹/۱۱	۱/۰ ع ۰/۱۲/۰۹	۱/۰ ع ۰/۱۰/۰	۱	۰/۲۰۶	۰/۰۸۴	۰/۷۷۵	۰/۰۰۵
مهده‌های کبری تی اسکور	۰/۰۹۴ ع ۰/۰۰۱	۰/۰۷۳ ع ۰/۰۰	۰/۳۰ ع ۰/۰۸۵	۰/۹۶ ع ۰/۳۳۷	۱	۰/۴۷۲	۰/۱۸۱	۰/۶۷۶	۰/۰۱۱
گردن ران	۰/۰۷۷۹ ع ۰/۰۰۴	۰/۰۷۷۳ ع ۰/۰۰۴	۰/۰۸۲۹ ع ۰/۰	۰/۰۸۲۹ ع ۰/۰۰۹	۱	۰/۷۴۳	۰/۹۰۴	۰/۳۵۶	۰/۰۵۳
گردن ران تی اسکور	۰/۳۷ ع ۰/۵۹۱	۰/۲۶ ع ۰/۶۱۸	۰/۱۱۳ ع ۰/۸۸	۰/۱۷۵ ع ۰/۸۸	۱	۰/۰۷۹	۰/۰۷۷	۰/۷۸۵	۰/۰۰۵
شاخص‌های سرمی استخوان (دسی لیتر/ میلی‌گرم)									
کلسیم	۹/۴۳ ع ۰/۳۵	۹/۴۲ ع ۰/۴۵	۹/۲۸ ع ۰/۲۸	۹/۳۸ ع ۰/۹۱	۱	۰/۱۶۴	۰/۰۰	۰/۹۹۰	۰/۰۰۱
فسفر	۳/۱۹ ع ۰/۲	۳/۱۸ ع ۰/۲۰	۳/۱۹ ع ۰/۳۱	۳/۰ ع ۰/۲۵	۱	۰/۵۲۴	۱/۶۳۳	۰/۲۲۲	۰/۱۰۴

اعداد بر حسب میانگین و انحراف معیار استاندارد بیان شده‌اند.

\* تفاوت معنادار (P=0.05)

## بحث و نتیجه‌گیری

نتایج درون‌گروهی حاصل از آزمون تی هم‌بسته در پژوهش حاضر نشان داد که ۱۲ هفته برنامه‌ فعالیت ورزشی هوازی پیاده‌روی و دوی سبک با شدت متوسط ۶۵ الی ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب تمرین، تأثیر معناداری بر تراکم مواد معدنی استخوانی مهره‌های کمری و گردن ران، تی اسکور مهره‌های کمری و گردن ران و سطوح سرمی کلسیم و فسفر در گروه فعالیت ورزشی ندارد. همچنین، در گروه کنترل، در هیچ‌یک از متغیرهای وابسته این پژوهش در طول ۱۲ هفته تغییرات معناداری مشاهده نشد (جدول شماره دو). نتایج بین‌گروهی حاصل از آزمون آنکوا نیز نشان داد با این‌که پس از مداخله برنامه ۱۲ هفته‌ای فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط ۶۵ الی ۷۰ درصد ضربان قلب تمرین، تراکم مواد معدنی استخوانی مهره‌های کمری و گردن ران، تی اسکور مهره‌های کمری و گردن و سطوح سرمی کلسیم و فسفر گروه فعالیت ورزشی در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معناداری نداشت (جدول شماره سه)، اما تأثیر آن بر تراکم استخوانی مهره‌های کمری اول و دوم، گردن ران و نیز سطوح سرمی فسفر در گروه فعالیت ورزشی مثبت بود (مشاهده ضرایب اتا در جدول شماره سه). یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج معظمی و جمالی (۱۳۹۳) مبنی بر عدم تغییر سطوح سرمی کلسیم و فسفر خون پس از شش ماه فعالیت ورزشی هوازی در زنان چاق غیرفعال با میانگین سنی ۴۲ سال و نیز نتایج پژوهش ترتیبیان و همکاران (۲۰۱۱) مبنی بر عدم تغییر تراکم استخوانی مهره‌های کمری و گردن ران و نیز سطوح کلسیم و فسفر پس از ۲۴ هفته فعالیت ورزشی هوازی در زنان یائسه با میانگین سنی ۶۸ سال هم‌سو بود (۱۹، ۱۰). در مقابل، با نتایج پژوهش مارکوس<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۳) مبنی بر افزایش تراکم استخوانی در زنان و مردان پس از ۳۲ هفته برنامه فعالیت ورزشی در زنان و مردان مسن، یافته‌های گومز کابلو<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۴) مبنی بر کاهش معنادار تراکم مواد معدنی حجمی استخوان کورتیکال و تراپیکولار پس از ۱۱ هفته تمرین و بی‌ریزش کل بدن با فرکانس ۴۰ هرتز، نتایج پژوهش رمضان‌پور و همکاران (۲۰۰۶) مبنی بر این‌که سطح کلسیم خون زنان یائسه فعال به‌شکل معناداری پایین‌تر از سطح سرمی کلسیم خون زنان یائسه غیرفعال است و نیز یافته‌های ابراهیم و همکاران (۱۳۸۹) مبنی بر کاهش معنادار سطوح کلسیم خون و افزایش معنادار سطوح فسفر خون پس از هشت هفته فعالیت ورزشی هوازی فزاینده در زنان یائسه غیرفعال با میانگین سنی ۵۱ سال ناهمخوان می‌باشد (۲۳-۲۰).

1. Marques
2. Gomez-Cabello

اختلافات موجود در نتایج حاصل از پژوهش‌های مختلف در این زمینه به تنوع ماهیت ورزشی، شدت و مدت زمان فعالیت ورزشی بستگی دارد (۳،۱۰،۱۹،۲۳)؛ به طوری که در فعالیت‌های کوتاه مدت و طاقت فرسا، سطوح کلسیم خون افزایش می‌یابد که احتمالاً به علت افزایش هورمون پاراتیروئید ناشی از فعالیت‌های ورزشی مورد استفاده است (۱۹،۲۲)؛ بنابراین، عوامل مختلفی از جمله شدت و مدت زمان تمرین، نوع بازگشت به حالت اولیه (فعال یا غیرفعال)، نوع فعالیت ورزشی و جنسیت و سن آزمودنی‌ها می‌تواند تنوع یافته‌های مربوط به تغییرات سطوح سرمی کلسیم و فسفر را توجیه کند (۲۴). علاوه بر این، غلظت کلسیم خارج سلولی تنظیم‌کننده ترشح هورمون پاراتیروئید می‌باشد؛ به طوری که کاهش غلظت کلسیم آزاد (یونیزه) موجب آزاد شدن سریع پاراتورمون از قاعده سلول‌های پاراتیروئید می‌شود. باین حال، شدت و میزان فشار (بار) تمرینی از اصلی‌ترین علل تناقضات موجود در نتایج پژوهش‌های مختلف است؛ به گونه‌ای که شدت فعالیت ورزشی، تعیین‌کننده بیشترین میزان تغییرات در سطوح پاراتیروئید و در نتیجه، یون‌های سرمی کلسیم و فسفر است (۲۵)؛ لذا، به نظر می‌رسد که فعالیت ورزشی با شدت متوسط ۶۵ الی ۷۰ درصد ضربان قلب تمرین در پژوهش حاضر، کارایی کافی برای تحریک سلول‌های استخوان‌ساز (استئوبلاست‌ها) را نداشته و برای تغییرات تراکم استخوانی مهره‌های کمری و ران به منظور بهبود بازسازی و تشکیل استخوان کافی نبوده است. همچنین، یک نظریه متداول، استخوان را به عنوان یک کریستال پیزوالکتریک مورد توجه قرار می‌دهد که در آن فشار مکانیکی به انرژی الکتریکی تبدیل شده و تغییرات الکتریکی به وجود می‌آید و زمانی که استخوان تحت فشار مکانیکی قرار می‌گیرد، فعالیت یاخته‌های سازنده، استخوان را تحریک می‌کند که نتیجه آن تشکیل کلسیم است (۴،۱۰،۲۰). این احتمال وجود دارد که در زنان یائسه، سلول‌های سازنده استخوان/ استئوبلاست‌های ران و مهره‌های کمری، کمتر تحریک می‌گردد و در نتیجه، جذب کلسیم کمتر می‌شود؛ لذا، باعث عدم تغییرات تراکم مواد معدنی استخوان در راستای بهبود و بازسازی استخوان می‌شود. داشتن تراکم مواد معدنی استخوانی بیشتر، عاملی اساسی در جلوگیری از پوکی استخوان بوده و شاخصی پیش‌بینی‌کننده برای شکستگی استخوان می‌باشد (۱،۴). از سوی دیگر، طبق تعریف سازمان بهداشت جهانی، اگر کاهش تراکم استخوان بیش از ۲/۵- درجه انحراف معیار از متوسط تراکم استخوانی افراد طبیعی باشد، فرد به پوکی استخوان مبتلا است و کاهش تراکم استخوانی بین منفی یک تا ۲/۵- درجه انحراف معیار، استئوپنی نامیده می‌شود و در افراد با انحراف معیار منفی یک تا یک و بیشتر از آن، طبیعی محسوب می‌شود. با توجه به این که آزمودنی‌های این پژوهش در حالت پایه دارای تراکم استخوانی نرمال (انحراف معیار منفی یک به بالا) بودند؛ لذا، پس از مداخله ۱۲ هفته برنامه فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط ۶۵ الی ۷۰ درصد ضربان قلب تمرین، با این که تغییرات معناداری در راستای بهبود و افزایش بازسازی

استخوان در گروه فعالیت ورزشی مشاهده نشد، اما در گروه کنترل طی ۱۲ هفته، یکی از آزمودنی‌ها در ناحیه مهره‌های کمری و دو آزمودنی در ناحیه گردن ران به استئوپنی مبتلا شدند که این امر نشان‌دهنده کاهش تراکم مواد معدنی استخوانی مهره‌های کمری و گردن ران ناشی از افزایش سن/سارکوپنی بوده است. این درحالی است که در گروه فعالیت ورزشی، تراکم مواد معدنی استخوانی مهره‌های کمری و گردن ران براساس تی اسکور در حد نرمال و طبیعی باقی مانده بود؛ از این رو، به نظر می‌رسد فعالیت ورزشی هوازی پیاده‌روی و دوی سبک باعث عدم کاهش تراکم مواد معدنی استخوان ناشی از دوران یائسگی و پیری شده و در نتیجه، سبب به تعویق انداختن عوامل سارکوپنی (از جمله کاهش تراکم استخوانی) در زنان یائسه گروه فعالیت ورزشی شده است. علاوه بر این، افزایش یا کاهش بیش از حد سطوح کلسیم خون و به تبع آن افزایش یا کاهش بیش از حد تراکم استخوانی باعث تضعیف دستگاه ایمنی شده و لذا، دستگاه قلبی دچار آسیب می‌شود (۳،۷،۲۶)؛ بنابراین، بالا رفتن یا کاهش یافتن یون کلسیم در مایع خارج سلولی موجب بروز اثرات فوری فوق‌العاده شدیدی می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که هیپوکلسیمی و هیپوفسفاتی طولانی، رسوب مواد معدنی در استخوان را به شدت کاهش داده و موجب حالت تتانی می‌گردد. گاهی اوقات نیز به دلیل تأثیر آن بر دستگاه عصبی مرکزی، به لحاظ افزایش تحریک‌پذیری موجب تشنج می‌شود (۷،۲۶،۲۷). هنگامی که غلظت کلسیم در مایعات بدن از حد طبیعی بالاتر رود، دستگاه عصبی تضعیف شده و فعالیت‌های رفلکسی دستگاه مرکزی کند می‌گردد (۷،۲۶،۲۷). همچنین، هنگامی که اثرات تضعیفی افزایش غلظت کلسیم خون از حدود ۱۲ میلی‌گرم بالاتر رود، شروع به پیدایش کرده و در غلظت بالاتر از ۱۵ میلی‌گرم اثرات آن بارز می‌شود. علاوه بر این، زمانی که غلظت کلسیم از حدود ۱۷ میلی‌گرم در مایعات بدن بالاتر می‌رود، فسفات کلسیم در سراسر بدن رسوب می‌کند. برمبنای یافته‌ها، ثابت نگه داشتن حد مطلوب سطوح کلسیم و فسفر ناشی از سازگاری‌های مثبت فعالیت ورزشی طی ۱۲ هفته مداخله ورزشی در زنان یائسه به چشم می‌خورد؛ زیرا، تمامی زنان یائسه گروه فعالیت ورزشی پس از ۱۲ هفته برنامه فعالیت ورزشی هوازی پیاده‌روی و دوی سبک با شدت متوسط ۶۵ الی ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب تمرین در دستگاه اسکلتی پس از تست دگزا سالم بودند و این امر تأیید کننده نقش مثبت فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط در کاهش عوامل سارکوپنی (از جمله کاهش تراکم استخوانی) در گروه فعالیت ورزشی است. این درحالی است که این شرایط در گروه کنترل حاکم نبود. در این زمینه، ابراهیم و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی تأثیر هشت هفته فعالیت ورزشی فزاینده بر عوامل اثرگذار بر توده استخوانی زنان یائسه غیرفعال پرداختند (۲۳). شایان ذکر

است که این پژوهشگران وضعیت توده بافت استخوانی زنان یائسه را به لحاظ سالم بودن مشخص نکرده بودند؛ لذا، این احتمال وجود دارد که در حالت پایه، وضعیت تراکم مواد معدنی استخوانی در زنان یائسه (به لحاظ تعریف سازمان بهداشت جهانی (طبق تی اسکور)) مغایر با حالت نرمال باشد و این عامل یکی از دلایل احتمالی نتایج ضدونقیض با پژوهش حاضر است.

به طور کلی، نتایج ضدونقیض پژوهش‌هایی که به بررسی اثرات فعالیت‌های ورزشی بر سوخت‌وساز بافت استخوانی پرداخته‌اند نشان می‌دهد که عوامل متعددی مانند نوع، شدت، مدت و تکرار فعالیت ورزشی و نیز ویژگی فعالیت ورزشی (با تحمل وزن یا بدون تحمل وزن)، سن و جنس آزمودنی‌ها ممکن است پاسخ‌های سوخت‌وسازی مارکرهای استخوان به فعالیت ورزشی را تحت تأثیر قرار دهند (۲۰، ۲۸، ۲۹)؛ لذا، همان‌طور که در بالا نیز بدان اشاره شد، حداقل کشش مؤثر و میزان بار وارده که برای سازگاری‌های مثبت اسکلتی در انسان لازم است، دقیقاً مشخص نشده است، اما میزان تحریک می‌بایست شامل نیروهای بسیار بزرگ‌تر از آن چیزی که معمولاً در فعالیت همیشگی وارد می‌شود باشد (۳). با این حال، حفظ توده استخوانی ناشی از فعالیت ورزشی هوازی، نوعی سازگاری مثبت بر سوخت‌وساز استخوان محسوب می‌شود که در پژوهش حاضر صحت این امر در گروه فعالیت ورزشی/ زنان یائسه سالم و کم‌تحرک تأیید گردید. این در حالی است که در گروه کنترل طی ۱۲ هفته، سه آزمودنی (۳۳/۳۳ درصد) به استئوپنی مبتلا شدند. در مجموع، از مهم‌ترین کاربردهای این پژوهش می‌توان به سازگاری‌های مثبت ناشی از فعالیت ورزشی هوازی جهت بهبود عملکرد و یا جلوگیری از آسیب‌های احتمالی دستگاه اسکلتی - استخوانی از جمله پوکی استخوان در زنان یائسه کم‌تحرک اشاره کرد. از سوی دیگر، ارائه یک نسخه غیردارویی و یا نسخه ورزشی متناسب با این رده سنی و جنسی می‌تواند در به حداقل رسانیدن فشارهای اقتصادی و نیز اطمینان بخش بودن تجویز و اثربخشی متغیر مستقل در این گروه از آزمودنی‌ها مؤثر باشد و به آن قوت ببخشد. با این حال، تا به امروز نتایج پژوهش‌های مربوط به سازگاری‌های اسکلتی (بافت استخوانی) ناشی از فعالیت ورزشی نتوانسته است اندازه و میزان شدت آستانه را برای تحریک سلول‌های استخوان‌ساز؛ یعنی استئوبلاست‌ها تعیین کند؛ لذا، به منظور مشخص شدن سوخت‌وساز استخوان در فعالیت ورزشی و نیز تعیین اندازه و شدت تمرین و نوع فعالیت ورزشی جهت بهبود یا حفظ توده استخوانی، انجام دادن پژوهش‌های علمی آتی در راستای سازگاری‌های بافت استخوان ناشی از فعالیت ورزشی ضروری به نظر می‌رسد.

**پیام مقاله:** با توجه به نرمال باقی ماندن تست تراکم استخوان در همه آزمودنی‌های گروه فعالیت ورزشی و مبتلا شدن ۳۳/۳۳ درصد آزمودنی‌های گروه کنترل به استئوپنی در طی ۱۲ هفته، به نظر می‌رسد ۱۲ هفته فعالیت ورزشی هوازی پیاده‌روی و دوی سبک با شدت متوسط ۶۵ الی ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب تمرین می‌تواند به عنوان یک نسخه غیردارویی در پیشگیری از پوکی استخوان

ناشی از افزایش سن/ سارکوپنی مفید واقع شود. با این حال، قدم برداشتن در راستای سازگاری‌های مثبت توده استخوان ناشی از فعالیت ورزشی و همچنین نوع و شدت فعالیت ورزشی، نیاز به بررسی پژوهش‌های علمی آتی دارد.

### تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر مقاله مستخرج از پایان‌نامه دکتری دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه ارومیه است. بدین‌وسیله، نویسندگان این پژوهش از سرکار خانم دکتر افسر قره‌باغ (متخصص قلب و عروق/ فلوشیپ آنژیوپلاستی و استادیار دانشگاه علوم پزشکی ارومیه)، جناب آقای دکتر آغداشی (فوق تخصص روماتولوژی و دانشیار دانشگاه علوم پزشکی ارومیه) و زنان یائسه شهرستان ارومیه (به-عنوان آزمودنی‌های این پژوهش) کمال تشکر را اعلام می‌دارند. همچنین، از سرکار خانم شیخ‌لو (کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش) که به عنوان مربی در به‌پایان‌رسانیدن این پژوهش زحمات زیادی را بر دوش کشیدند تشکر ویژه داریم.

### منابع

1. Malandish A, EbrahimiAtri A, RashidLamir A. The comparison of bone mineral content (BMC) and bone area in professional Water polo players and non-athletes. *International Journal of Basic Sciences & Applied Research*. 2013; 2(6): 569-73. (In Persian).
2. Ligouri G C, Shoepe T C, Almstedt H C. Whole body vibration training is osteogenic at the spine in college-age men and women. *Human Kinetics*. 2012; 3(31): 55-68.
3. Plowman S A, Smith D L. *Exercise physiology for health, fitness, and performance*. (B. Tartibian & A. Malandish, Trans). 1<sup>st</sup> ed. Urmia: Urmia University; 2014. Pp. 994-1036. (In Persian).
4. Malandish A, Ebrahimi-Atri A, Rashid Lamir A, Ramezani M, Safarzadeh S. The comparison of bone density of lumbar spine and femoral neck between professional cyclists and non-athletes. *Research on Sport Sciences*. 2010; 2(8): 61-72. (In Persian).
5. Karlsson M K. The skeleton in a long-term perspective. Are exercise induced benefits eroded by time? *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2003; 3(4): 348-51.
6. Mussolino M E, Looker A C, Madans J H, Edelstein D, Walker R E, Lydick E, et al. Phalangeal bone density and hip fracture risk. *Archives of Internal Med*. 1997; 157(4): 433° 8.

7. Gennari L, Bilezikian J P. Osteoporosis in men: Pathophysiology and treatment. *Curr Osteopor Rep.* 2007; 9(1): 71° 7.
8. Bembien D A, Langdon D B. Relationship between estrogen use and musculoskeletal function in postmenopausal women. *Maturitas.* 2002; 42(2): 119-27.
9. Noble B S, Reeve J. Osteocyte function, osteocyte and bone fracture resistance. *Molecular & Cellular Endocrinology.* 2000; 159(2): 7-13.
10. Tartibian B, Hajijadeh-Maleki B, Kanaley J, Sadeghi K. Long-term aerobic exercise and omega-3 supplementation modulate osteoporosis through inflammatory mechanisms in post-menopausal women: A randomized, repeated measures study. *Nutrition & Metabolism.* 2011; 15(8): 71.
11. Lee K J, Kim K S, Kim H N, Seo J A, Song S V. Association between dietary calcium and phosphorus intakes, dietary calcium/phosphorus ratio and bone mass in the Korean population. *Nutrition.* 2014; 13(1): 114.
12. Calvo M S, Tucker K. Is phosphorus intake that exceeds dietary requirements a risk factor in bone health? *Annals of the New York Academy of Sciences.* 2013; 1301(1): 29° 35.
13. Creighton D L, Morgan A L, Boardley D, Brolinson P G. Weight-bearing exercise and markers of bone turnover in female athletes. *Journal of Applied Physiology.* 2001; 90(2): 565-70.
14. Frost H M. Why do marathon runners have less bone than weight lifters? A vital-biomechanical view and explanation. *Bone.* 1997; 20(3): 183-9.
15. Ernst E. Exercise for female osteoporosis: A systematic review of randomised clinical trials. *Sports Med.* 1998; 25(6): 359-68.
16. Layne J E, Nelson M E. The effects of progressive resistance training on bone mineral density: A review. *Med Scie in Sports Exer.* 1999; 31(1): 25-30.
17. Malandish A. The comparison of bone mineral density of lumbar spine and femoral neck between professional cyclists and swimmers with non-athletes. MSc Dissertation. Mashhad: Ferdowsi University; 2011. (In Persian).
18. Tartibian B, Khorshidi M. Estimation of physiological indices in exercise: Laboratory & field (1). 1st ed. Tehran: Teimourzadeh Publication ° Nashre Tabib; 2006. Pp. 37-142. (In Persian).
19. Moazemi M, Jamali F S. The effect of 6-months aerobic exercises on bone-specific alkaline phosphatase and parathyroid hormone in obese inactive woman. *J Sport & Biomotor Scie.* 2014; 5(2): 71-9. (In Persian).
20. Marques E A, Mota J, Viana M J, Tuna D, Figueiredo P, Guimaraes J T, Carvalho J. Response of bone mineral density, inflammatory cytokines, and biochemical bone markers to a 32-week combined loading exercise programs in older men and women. *Archives of Gerontology & Geriatrics.* 2013; 57(2): 226° 33.
21. Gomez-Cabello A, Gonzalez-Agüero A, Morales S, Ara I, Casajus J A, Vicente-Rodriguez G. Effects of a short-term whole body vibration intervention on bone mass and structure in elderly people. *Journal of Science and Medicine in Sport.* 2014; 17(2): 160° 4.
22. Ramezanpour M R, Hamedinia M R, Vaeznia F. A comparison of bone and calcium metabolism indices in active and inactive menopausal women. *J Mashhad School Nurs Midw.* 2010; 10(1): 42-51. (In Persian).



23. Ebrahim K H, Ramezanpoor M R, Rezayee Sahrayee A. Effect of 8 weeks aerobic exercise and intensive on estrogen hormone changes and some factors influence on bone mass in sedentary postmenopausal women. *J Endocrinology & Metabolism of Iran*. 2010; 12(4): 401-8. (In Persian).
24. Ackerman K E, Misra M. Bone Health in Adolescent Athletes with a Focus on Female Athlete Triad. *Phys Sports Med*. 2011; 39(1): 131-41.
25. Thorsen K, Kristofferson A. Effects of moderate Endurance exercise on calcium, parathyroid hormone of bone metabolism in women. *Tissue International*. 1997; 60(1): 16-20.
26. Orwoll E, Bilezikian J, Vanderschueren D. Osteoporosis in men: The effect of gender on skeletal health, bone remodeling: Cellular activities in bone. 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press of Elsevier: San Diego, USA; 2010. Pp. 15-24.
27. Colon-Emeric C S, Saag K G. Osteoporotic fractures in older adults. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*. 2006; 20(4): 695° 706.
28. Khorshidi M, Matin Homayee H, Azarbaijani M A, Hoseinnezhad A. Effect of aerobic exercise on serum levels of alkaline phosphatase and serum osteocalcin levels in patients with type 2 diabetes. *J Shahid Sadoughi University of Med Scie*. 2011; 19(5): 676-85. (In Persian).
29. Ebrahimi Atri A, Malandish A, Rashid Lamir A, Shabani M. Is Osteoporosis and Osteopenia a health risk in professional cyclists of Iran and Tour-de-France? *Iranian Journal of Health and Physical Activity*. 2012; 3(1): 7-13. (In Persian).

### استناد دهی

مآل اندیش عباس، ترتیبیان بختیار، رحمتی یامچی محمد. تأثیر ۱۲ هفته تمرینات هوازی شدت متوسط بر تراکم استخوانی و شاخص های سرمی استخوان در زنان یائسه کم تحرک. *فیزیولوژی ورزشی*. زمستان ۱۳۹۵؛ ۸(۳۲): ۸۴-۶۷.

Malandish. A, Tartibian. B, Rahmati Yamchi. M. Effect of 12 Weeks of Moderate-Intensity Aerobic Exercise on Bone Density and Serum Indices of Bone in Sedentary Postmenopausal Women. *Sport Physiology*. Winter 2017; 8 (32): 67-84.

## Effect of 12 Weeks of Moderate-Intensity Aerobic Training on Bone Density and Serum Indices of Bone in Sedentary Postmenopausal Women

A. Malandish<sup>1</sup>, B. Tartibian<sup>2</sup>, M. Rahmati Yamchi<sup>3</sup>

1. Ph.D. of Urmia University\*
2. Associate Professor, Allameh Tabataba'i University
3. Associate Professor, Tabriz University of Medical Sciences

Received: 2015/09/07

Accepted: 2015/12/22

---

### Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of 12 weeks of moderate-intensity aerobic training on lumbar spine and femoral neck bone mineral density (BMD) and serum levels of calcium and phosphorus in sedentary postmenopausal women. The statistical population was all healthy and sedentary postmenopausal women, 55° 70 years old, in Urmia city. Therefore, 20 healthy, sedentary postmenopausal women (age:  $60.12 \pm 2.12$  yr, height:  $156.71 \pm 6.17$  cm, weight:  $72.47 \pm 10.28$  kg, and BMI:  $29.46 \pm 3.24$  kg/m<sup>2</sup>) volunteered for this study and, after being assessed for eligibility, were randomly divided into exercise (n=11) and control (n=9) groups. The exercise group performed a 12-week moderate-intensity aerobic training of walking and jogging modality at 65° 70% maximal heart rate, three days a week, 50° 60 min per session in the morning. The Control group participated in no intervention. Densitometry and blood sampling were performed at baseline and post-training in order to measure bone density and serum markers in the exercise and control groups. Evaluation of the lumbar spine and femoral neck BMD were measured by DXA machine and serum levels of calcium and phosphorus were assessed by Auto analyzer and Biotechnical Instrument, Italy, respectively. Data analysis included descriptive and inferential (ANCOVA test) statistics using SPSS 23, and the significance level was set at  $P < 0.05$ . The results showed no significant difference on lumbar spine and femoral neck BMD and T Scores between exercise and control groups after the training program ( $P > 0.05$ ). Also, no significant difference was found in serum levels of calcium and phosphorus ( $P > 0.05$ ). Furthermore, the inter-group results showed no significant difference in any of the variables ( $P > 0.05$ ). The results suggest that 12 weeks of moderate-intensity training such as walking and jogging program has no effect on bone density and serum levels of calcium and phosphorus in postmenopausal women.

**Keywords:** BMD, Calcium, Phosphorus, Aerobic Exercise, Menopause

---

---

\* Corresponding Author

Email:malandish@gmail.com