

آیا ۱۲ هفته فعالیت ورزشی هوازی شدت متوسط (W-WJMIEP-R) بر تراکم و محتوای استخوانی اندام‌های فوقانی و تحتانی زنان یائسه کم تحرک تاثیر دارد؟

بختیار ترتیبیان^۱، عباس مال‌اندیش^۲، زینب شیخلو^۳

چکیده

سابقه و هدف: پوکی استخوان بیماری است که با کاهش قدرت استخوان، خطر شکستگی استخوان را افزایش می‌دهد. هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر ۱۲ هفته‌ای فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط بر تراکم و محتوای استخوانی اندام‌های فوقانی و تحتانی در زنان یائسه کم تحرک بود.

مواد و روش‌ها: ۲۰ زن یائسه سالم و کم تحرک داوطلب و واجد شرایط با میانگین سنی $60 \pm 2/12$ سال و شاخص توده بدن $29/46 \pm 3/24$ کیلوگرم بر مترمربع به صورت تصادفی در یکی از دو گروه فعالیت ورزشی (۱۱ زن) و کنترل (۹ زن) در این پژوهش شرکت نمودند. گروه فعالیت ورزشی به مدت ۱۲ هفته، هر هفته سه جلسه و در هر جلسه ۵۰ تا ۶۰ دقیقه فعالیت هوازی با شدت ۶۵ الی ۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره را اجرا کردند، ولی گروه کنترل در هیچ مداخله‌ای شرکت نداشتند. ارزیابی تراکم و محتوای استخوانی اندام‌های فوقانی و تحتانی آزمودنی‌ها با دستگاه دگزا صورت گرفت. اطلاعات آمده توسط آزمون t همبسته و ANCOVA در سطح معناداری ($P \leq 0/05$) تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل پس از ۱۲ هفته فعالیت هوازی با شدت متوسط در تراکم استخوانی اندام‌های فوقانی و تحتانی تفاوت معناداری وجود نداشت. اما در محتوای استخوانی پای راست تفاوت معنادار بود ($P \leq 0/05$). نتایج درون‌گروهی نیز تفاوت معناداری را در هیچ یک از متغیرها بجز در محتوای استخوانی مهره‌های کمری گروه کنترل نشان نداد ($P \leq 0/05$).

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق بیانگر آن است که ۱۲ هفته برنامه فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط مانند پیاده‌روی و دوی سبک نمی‌تواند تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی را در زنان یائسه کم تحرک افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: تراکم مواد معدنی استخوان، محتوای مواد معدنی استخوان، فعالیت ورزشی هوازی، یائسگی.

۱. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، گروه آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، (نویسنده مسئول)

ba.tartibian@gmail.com

۲. دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه ارومیه

۳. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه ارومیه

مقدمه

استئوپروز بیماری متابولیکی استخوان است که با کاهش توده استخوانی در واحد حجم و در هم ریختن ساختمان درونی بافت استخوان و نازک و پوک شدن استخوان‌ها مشخص می‌شود. این بیماری میلیون‌ها نفر را در سطح جهان گرفتار کرده و خطر ابتلاء به آن با ازدیاد سن افزایش می‌یابد. حدود ۵۰٪ زنان و ۳۰٪ مردان در طول عمر خود شکستگی‌های مربوط به پوکی استخوان را تجربه می‌کنند (۱،۲). در دوران سالمندی و همچنین در نتیجه بعضی بیماری‌ها میزان تخریب استخوان بیشتر از تشکیل آن است و در نتیجه کاهش تراکم و محتوای مواد معدنی استخوان رخ می‌دهد (۲). انواع مختلفی از فعالیت‌های جسمانی ممکن است اثرات متفاوتی بر تراکم مواد معدنی استخوان داشته باشند (۳-۶). تاثیر فعالیت ورزشی و بار مکانیکی بر حداکثر توده استخوانی دستگاه اسکلتی بطور گسترده‌ای در انسان‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است. حداکثر توده استخوانی بیانگر به دست آوردن بیشترین سطح تراکم مواد معدنی استخوان، محتوای مواد معدنی استخوان و یا توده استخوان در طول زندگی است (۲،۳). این عوامل همگی تخمینی از مواد معدنی استخوان هستند. توده استخوان رایجترین عبارت برای توصیف مقدار مواد معدنی، محتوای مواد معدنی همان مقدار مواد معدنی اندازه‌گیری شده در ناحیه اسکلتی و تراکم مواد معدنی استخوان نیز مقدار مواد معدنی اندازه‌گیری شده در ناحیه اسکلتی و نه بخش تعدیل شده برای اندازه استخوان است (۳). علاوه بر عوامل ژنتیکی مانند جنس و ژنتیک و عوامل محیطی مانند تغذیه و وضعیت هورمونی (۲،۴،۷)، فعالیت‌های جسمانی نیز تاثیر بسزایی در تعیین تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی دارند (۱،۲). اگر چه سازوکارهای دقیقی که در آن فعالیت ورزشی با تحمل وزن باعث بهبود یا حفظ تراکم و محتوای مواد معدنی استخوان می‌شود نامشخص هستند، اما به وضوح روشن است که افزایش فشار مکانیکی بر استخوان منجر به تغییرات فیزیولوژیکی متعددی می‌شود که باعث افزایش یا حفظ تراکم و محتوای استخوانی می‌شود (۲،۸).

برائو و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی پیشگویی تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی ناشی از اندازه گیری - های فعالیت جسمانی و شرایط کم‌تحرکی در زنان جوان و مسن پرداختند. آنها گزارش کردند که آزمودنی‌های ۱۲-۱۷ سال دارای تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی بیشتری در نواحی ستون فقرات کمری و رانی در مقایسه با آزمودنی‌های هم‌تای کم‌تحرک هستند. همچنین نتایج آنها نشان داد که زنان بالای ۶۵ سال کم‌تحرک با کاهش تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی در ناحیه ران همراه هستند (۹). گومز کابلو و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی اثرات کوتاه مدت ویرایش کل بدن بر توده و ساختار استخوانی در افراد مسن پرداختند. نتایج آنها نشان داد که ۱۱ هفته تمرین ویرایش کل بدن با فرکانس ۴۰ هرترز (سه جلسه در هفته و هر جلسه ۱۰ تکرار ۴۵ ثانیه‌ای با یک دوره استراحت ۶۰ ثانیه‌ای بین تکرارها)، استخوان تیبیا را تحت تاثیر قرار می‌دهد، به طوری که تراکم مواد معدنی حجمی استخوان کورتیکال و تراپیکولار، به طور معناداری کاهش پیدا کرده بود (۱۰). مارکوس و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی پاسخ‌های تراکم مواد معدنی استخوانی، سیتوکین‌های التهابی و مارکرهای بیوشیمیایی استخوان طی ۳۲ هفته فعالیت‌های ورزشی با تحمل وزن ترکیبی در زنان و مردان مسن پرداختند. نتایج آنها نشان داد که ۳۲ هفته فعالیت ورزشی با ۷۵ الی ۸۰ درصد بیشینه دو جلسه‌ای به همراه یک جلسه تمرین با تحمل وزن در هفته باعث افزایش تراکم استخوانی مهره‌های کمری می‌شود (۱۱). ترتیبیان و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی فعالیت هوازی طولانی مدت و مصرف مکمل امگا سه بر تراکم استخوانی و بیومارکرهای استخوانی در زنان یائسه پرداختند. آنها در تحقیق خود گزارش کردند که ۲۴ هفته تمرینات هوازی با شدت ۶۵

درصد ضربان قلب بیشینه و سه جلسه در هفته و هر جلسه تمرین ۴۵ دقیقه باعث افزایش سطوح سرمی ۱ و ۲۵ ویتامین D، استروژن، استنوکولسین و تراکم استخوانی گردن ران در زنان یائسه ۵۸ تا ۷۸ سال می‌شود (۶). آکوچکیان و همکاران (۱۳۹۰) اثر فعالیت ورزشی ترکیبی بر تراکم استخوانی زنان یائسه مبتلا به سرطان سینه را مورد بررسی قرار دادند. آزمودنی‌های گروه تجربی به مدت ۱۵ هفته، ۴ جلسه در هفته یعنی دو جلسه پیاده‌روی و دو جلسه تمرین مقاومتی با ۵۵ تا ۶۰ درصد ضربان قلب نشان را اجرا کردند. نتایج آنها نشان داد که ۱۵ هفته فعالیت ورزشی ترکیبی پیاده‌روی و مقاومتی تأثیری بر تراکم مواد معدنی استخوانی مهره‌های کمری و گردن ران زنان یائسه مبتلا به سرطان سینه نداشت (۱۲).

نتایج تحقیقات مبنی بر تاثیر فعالیتهای ورزشی بر تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی در میان افراد مختلف، بویژه زنان و مردان مسن متناقض است (۶، ۱۲-۹). با این حال، از آنجا که میزان کم فعالیت ورزشی برای سلامتی استخوان مفید است، لزوماً میزان بیشتری از آن بهتر نیست. به عبارت دیگر، میزان بیش از حد فعالیت ورزشی به صورت بالقوه می‌تواند از حد توانایی سازگار شدن استخوان فراتر رود و منجر به کاهش تراکم و محتوای مواد معدنی استخوان و یا آسیب‌های مفرط شود. لذا فعالیت ورزشی با تحمل وزن نزدیک به حداقل کشش موثر، نه خیلی کمتر و نه خیلی بیشتر می‌تواند به عنوان محرکی برای شروع تشکیل استخوان جدید باشد (۲). با این حال، فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط به همراه گرم کردن با حرکات کششی و افزایش ضربان قلب و سرد کردن/ بازگشت به حالت اولیه فعال یکی از شیوه‌های تمرینی است که می‌تواند به عنوان یک محرک استوژنیک بر بافت استخوانی در نظر گرفته شود (۶) و لذا این احتمال وجود دارد که عملکرد دستگاه اسکلتی را تغییر داده و از عوامل احتمالی تاثیرگذار بر تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی باشد. به عبارت دیگر، فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط ممکن است باعث تغییرات بازسازی و تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی شده، و در نتیجه امکان تغییر عملکرد دستگاه اسکلتی را به همراه داشته باشد. این تغییرات احتمالی ممکن است از طریق تغییر تراکم مواد معدنی و محتوای مواد معدنی استخوانی - که به عنوان شاخص‌های مهم و ارزنده در بافت استخوان و دستگاه اسکلتی محسوب می‌شوند، امکانپذیر باشد. بنابراین، این پرسش از سوی محقق حاضر چنین بیان می‌شود که آیا فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط، تغییرات تراکم مواد معدنی استخوانی، محتوای مواد معدنی استخوانی و یا توده استخوانی اندام‌های فوقانی و تحتانی را در زنان یائسه به همراه دارد؟ آیا فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط می‌تواند شاخص‌هایی از دستگاه اسکلتی را در جهت بهبود بازسازی و تشکیل استخوان تغییر دهد؟ از طرفی، با شروع دوران یائسگی سرعت کاهش تراکم و محتوای مواد معدنی استخوان در زنان چند برابر افزایش می‌یابد، بطوریکه در دهه اول این دوره، ۲۵ الی ۳۰ درصد استخوان تراپیکولار و ۱۰ الی ۱۵ درصد استخوان کورتیکال کاهش می‌یابد (۱۳). در ایران نیز یافته‌های برنامه ملی پیشگیری، تشخیص و درمان استئوپروز حاکی از آن است که بیش از ۷۰ درصد زنان بالای ۵۰ سال ایرانی به استئوپروز و یا استئوپنی مبتلا هستند (۱۴). لذا پرداختن به این تفکر که پیشگیری بهتر از درمان است یک اصل اساسی در رابطه با وضعیت استخوانی زنان یائسه کم‌تحرک است. بنابراین، هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر ۱۲ هفته‌ای فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط بر تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی اندام‌های فوقانی و تحتانی در زنان یائسه کم‌تحرک بود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های پژوهش

پژوهش حاضر از نوع تحقیقات نیمه تجربی با دو گروه پیش و پس از آزمون است. جامعه آماری این پژوهش را کلیه زنان یائسه سالم و کم‌تحرک ۵۵ تا ۷۰ سال شهرستان ارومیه تشکیل دادند. طی فراخوان عمومی، ۲۰۰ زن یائسه به ظاهر سالم و کم‌تحرک اعلام آمادگی کردند که از این میان تعداد ۲۰ آزمودنی واجد شرایط به صورت داوطلب به عنوان نمونه‌های این پژوهش انتخاب شدند. زنان یائسه در دامنه سنی ۵۵ تا ۷۰ سال قرار داشته، و باید حداقل یک سال از دوران یائسگی آنها سپری می‌شد. هیچ یک از آزمودنی‌ها سابقه بیماری و اختلالات هورمونی اثرگذار بر سوخت و ساز استخوان را نداشتند و در زمان پژوهش تحت درمان دارویی نبودند. همچنین، آزمودنی‌ها هیچگونه سابقه ورزشی نداشته، و حداقل ۶ ماه پیش از شرکت در برنامه تمرینی این پژوهش در هیچ برنامه ورزشی شرکت نداشتند. پس از اخذ رضایت‌نامه آگاهانه، آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به دو گروه تجربی (۱۱ نفر) و کنترل (۹ نفر) تقسیم شدند (جدول ۱). گروه فعالیت ورزشی در برنامه فعالیت ورزشی با شدت متوسط (W-JMIEP-R)^۴ به مدت ۱۲ هفته شرکت داشتند، درحالی‌که گروه کنترل در هیچ برنامه تمرینی شرکت نکردند. وضعیت تندرستی آزمودنی‌ها نیز با پرسشنامه تندرستی و پزشکی - ورزشی هنجار شده (۶) و همچنین دستگاه‌های سنجش تراکم و محتوای مواد معدنی استخوان، مدل HOLOGIC (آمریکا) و الکتروکاردیوگرام و اکوکاردیوگرافی داپلر (مدل M-Turbo, Sonosite آمریکا) برتیب برای سالم بودن دستگاه اسکلتی (بافت استخوان) توسط پزشک فوق تخصص روماتولوژی و دستگاه قلبی - عروقی توسط پزشک متخصص قلب و عروق ارزیابی شدند. متغیرهای زمینه‌ای مانند سن، قد و وزن آزمودنی‌ها برتیب با استفاده از شناسنامه، قدسنج دیجیتال (کمپانی بیورر آلمان) با دقت یک میلی‌متر و ترازوی دیجیتالی (کمپانی بیورر آلمان) با دقت ۱۰۰ گرم ارزیابی شدند. درصد چربی و شاخص توده بدن با دگزا و ضربان قلب با ضربان‌سنج دیجیتالی پولار ساخت سوئد و فشار خون با فشارسنج دیجیتالی Brisk مدل WDF-BP001 ساخت کشور آلمان اندازه‌گیری شدند. قبل تمرین و ۱۲ هفته پس از برنامه فعالیت ورزشی نیز تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی اندام‌های فوقانی و تحتانی آزمودنی‌ها با استفاده از روش دگزا ارزیابی شدند. لازم به ذکر است که با استفاده از پرسشنامه یادآمد سه روزه نیز تغذیه آزمودنی‌ها کنترل شد (۶). در طول ۱۲ هفته نیز آزمودنی‌ها حق استفاده بیش از حد معمول از لبنیات، قرار گرفتن در معرض نور خورشید و یا هر عاملی که بر تراکم و محتوای استخوانی تاثیر داشت را نداشتند.

پروتکل تمرینی

برای تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی از آزمون نوارگردان جی‌ایکس تی^۵ جورجی و همکاران (۱۹۹۶) استفاده شد (۱۵). گروه فعالیت ورزشی، برنامه فعالیت ورزشی با شدت متوسط ۶۵ الی ۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره‌ای را بر روی تردمیل انجام دادند که زمان هر جلسه تمرین ۵۰ تا ۶۰ دقیقه، سه جلسه در هفته و به مدت ۱۲ هفته در نوبت صبح (۱۰:۰۰ - ۱۱:۳۰) اجرا شد. هر جلسه تمرینی نیز شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن، ۳۵ تا ۴۵ دقیقه تمرینات هوازی با شدت متوسط از جمله پیاده‌روی و دوی سبک و ۵ دقیقه برای سرد کردن یا ریکاوری (برگشت به حالت اولیه فعال) بود (۶). بطوریکه گروه فعالیت ورزشی ۱ هفته اول را با ۵۰ درصد، ۲ هفته دوم را با ۶۰ درصد، (به منظور پیشگیری از اعمال ناگهانی فشار تمرینات اصلی و پاسخ‌های ناخواسته) ۴ هفته سوم را با ۶۵ درصد و ۵

1- Warm up-Walking & Jogging Moderate Intensity Exercise Program-Recovery

1- Graded Exercise Test

هفته آخر را با ۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره‌ای بر روی تردمیل اجرا کردند. گروه کنترل نیز طی ۱۲ هفته در این تحقیق، هیچ نوع فعالیت ورزشی منظمی نداشته و شیوه عادی زندگی خود را دنبال کردند.

روش‌های آزمایشگاهی

برای ارزیابی تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی اندام‌های فوقانی و تحتانی آزمودنی‌ها از دستگاه دگزا استفاده شد، بطوریکه آزمودنی به حالت دمر بر روی تخت دستگاه هولوجیک دراز کشیده، و از آزمودنی‌ها خواسته شد کل بدن کاملاً صاف بر روی تخت دستگاه قرار گیرد. سپس کارشناس آزمایشگاه بعد از فرمان کامپیوتر، عکسبرداری را آغاز کرد. مدت زمان تصویربرداری کل بدن تقریباً ۱۵ الی ۲۰ دقیقه طول کشید.

تحلیل آماری

به منظور آزمون پیش فرض‌های پژوهش، ابتدا طبیعی بودن داده‌های حاصل از ویژگی‌های عمومی، تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی اندام‌های فوقانی و تحتانی آزمودنی‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف بررسی شد. در مقایسه میانگین ویژگی‌های عمومی دو گروه از آزمون تی مستقل استفاده شد. سپس برای تعیین وجود تفاوت معنی‌دار درون گروهی و بین گروهی پیش و پس از آزمون بترتیب از تی همبسته و آنکوا استفاده شد که از تست شیب و همگنی واریانس‌ها نیز برای پیش فرض‌های آزمون دوم استفاده گردید. تجزیه و تحلیل آماری بوسیله نرم‌افزار اسپاس اس نسخه ۲۳ در سطح معنی‌داری ۵ درصد ارزیابی شد.

یافته‌ها

جدول ۱، ویژگی‌های فیزیولوژیکی و آنتروپومتریکی زنان یائسه کم‌تحرک و سالم گروه فعالیت ورزشی و کنترل با مقایسه میانگین متغیرهای زمینه‌ای‌شان با استفاده از تی مستقل را نشان می‌دهد که از لحاظ فیزیولوژیکی همگن هستند و تفاوت معناداری وجود ندارد ($P > 0.05$). همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان داد که بین میانگین تغییرات درون گروهی پیش و پس از آزمون در تراکم مواد معدنی استخوانی اندام‌های فوقانی و تحتانی طی ۱۲ هفته فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط در گروه فعالیت ورزشی و همچنین در گروه کنترل تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P > 0.05$) (جدول ۲). همچنین بین میانگین تغییرات درون گروهی پیش و پس از آزمون در محتوای مواد معدنی استخوانی اندام‌های فوقانی و تحتانی طی ۱۲ هفته فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط در گروه فعالیت ورزشی و همچنین در گروه کنترل تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P > 0.05$) (جدول ۲). علاوه بر این، بین میانگین تغییرات بین-گروهی پیش و پس از آزمون گروه فعالیت ورزشی و کنترل در تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی اندام‌های فوقانی و تحتانی طی ۱۲ هفته فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P > 0.05$)، بجز در محتوای مواد معدنی استخوانی پای راست که تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده شد، بطوریکه در طول این ۱۲ هفته درون گروهی فعالیت ورزشی کاهش غیرمعنادار و درون گروهی کنترل افزایش غیرمعناداری را نشان داد و ضریب اِتا برابر با ۳۴/۷ درصد بود (جدول ۳).

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیولوژیک و آنتروپومتری زنان یائسه کم‌تحرک در گروه فعالیت ورزشی و کنترل و مقایسه میانگین متغیرهای دو گروه در حالت پایه با استفاده از t مستقل.

سطح معنادار	تی مستقل	سطح معنادار	تست لون	گروه کنترل n=۹	گروه فعالیت ورزشی n=۱۱	متغیر
۰/۸۲۶	-۰/۲۲۳	۰/۲۵۴	۱/۳۹۵	۶۲/۲۴ ± ۴/۳۶	۵۹/۰۰ ± ۳/۵۷ [#]	سن (سال)
۰/۳۶۹	-۰/۹۲۳	۰/۹۹۷	۰/۰۰۱	۱۵۸/۲۵ ± ۶/۰۸	۱۵۵/۵۹ ± ۶/۲۷	قد (سانتی‌متر)
۰/۷۳۶	-۰/۳۴۳	۰/۶۸۵	۰/۱۷۱	۷۱/۵۰ ± ۱۰/۸۸	۷۳/۱۸ ± ۱۰/۳۰	وزن (کیلوگرم)
۰/۹۱۴	-۰/۱۱۰	۰/۱۴۰	۲/۴۹۵	۴۱/۷۰ ± ۱/۵۱	۴۲/۰۲ ± ۵/۱۰	مقادیر چربی (درصد)
۰/۵۸۷	-۰/۵۵۴	۰/۲۴۳	۱/۴۶۵	۲۸/۵۶ ± ۱/۷۰	۲۹/۶۸ ± ۵/۱۷	شاخص توده بدنی (کیلوگرم/متر مربع)
۰/۴۸۴	-۰/۷۱۶	۰/۰۸۰	۳/۴۵۹	۱۱۱/۰۰ ± ۸/۰۸	۱۱۳/۵۰ ± ۱۱/۴۷	فشار خون سیستول (میلیمتر جیوه)
۰/۴۵۶	-۰/۷۶۳	۰/۰۵۲	۴/۷۶۸	۶۴/۰۰ ± ۶/۳۴	۷۲/۷۰ ± ۵/۷	فشار خون دیاستول (میلیمتر جیوه)
۰/۱۸۶	-۱/۳۷۹	۰/۳۰۴	۱/۱۲۳	۷۱/۳۳ ± ۸/۵۰	۷۸/۹۰ ± ۸/۲۷	ضربان قلب استراحت (ضربان/دقیقه)
۰/۳۴۲	۱/۰۱۱	۰/۵۷۹	۰/۳۳۴	۳۹/۷۱ ± ۱/۳۸	۳۹/۰۵ ± ۲/۲۵	حداکثر اکسیژن مصرفی (میلیمتر/کیلوگرم/دقیقه)

[#] اعداد بر حسب میانگین و انحراف معیار استاندارد بیان شده‌اند. * تفاوت معنادار (p ≤ ۰/۰۵).

جدول ۲. مقایسه میانگین تغییرات درون گروهی پیش و پس از آزمون تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی اندام‌های فوقانی و تحتانی طی ۱۲ هفته برنامه فعالیت هوازی در گروه فعالیت ورزشی و کنترل با استفاده از t همبسته.

سطح معناداری	t	درجه آزادی	پس آزمون	پیش آزمون	تراکم و محتوای استخوانی
تراکم مواد معدنی استخوانی (g/cm²) گروه فعالیت ورزشی					
اندام فوقانی					
۰/۶	۰/۴۶۶	۱۰	۰/۶۴۳ ± ۰/۰۴	۰/۶۴۷ ± ۰/۰۵	دست چپ
۰/۸	۰/۲۱۲	۱۰	۰/۶۸۱ ± ۰/۰۷	۰/۶۸۴ ± ۰/۰۷	دست راست
۰/۴	۰/۸۵۸	۱۰	۰/۵۵۵ ± ۰/۰۶	۰/۵۶۰ ± ۰/۰۷	دنده‌های چپ
۰/۷	۰/۳۶۹	۱۰	۰/۵۶۳ ± ۰/۰۸	۰/۵۶۸ ± ۰/۰۷	دنده‌های راست
۰/۷	-۰/۳۰۹	۱۰	۰/۸۴۱ ± ۰/۱۱	۰/۸۳۲ ± ۰/۰۵	تی ستون فقرات
۰/۵	-۰/۶۲۰	۱۰	۱/۰۹۱ ± ۰/۰۰	۱/۰۸۱ ± ۰/۱۱	ال ستون فقرات
۰/۵	۰/۶۷۶	۱۰	۱/۰۳۹ ± ۰/۱۱	۱/۰۴۵ ± ۰/۱۰	مهره‌های کمری
۰/۳	۰/۹۳۸	۱۰	-۰/۰۷۳ ± ۱/۰۰	۰/۰۰۱ ± ۰/۹۴	تی اسکور مهره‌های کمری
اندام تحتانی					
۰/۷	۰/۲۶۲	۱۰	۱/۱۰۶ ± ۰/۰۹	۱/۱۱۱ ± ۰/۰۹	لگن
۰/۴	۰/۸۳۷	۱۰	۰/۷۷۳ ± ۰/۰۴	۰/۷۷۹ ± ۰/۰۴	گردن ران
۰/۸	-۰/۲۰۵	۱۰	۰/۹۳۹ ± ۰/۰۵	۰/۹۳۸ ± ۰/۰۴	پای چپ
۰/۰۴۲	۲/۳۲۶	۱۰	۰/۹۴۰ ± ۰/۰۴	۰/۹۵۱ ± ۰/۰۴	پای راست
۰/۶	۰/۴۳۰	۱۰	-۰/۰۶۱۸ ± ۰/۲۶	-۰/۵۹۱ ± ۰/۳۷	تی اسکور گردن ران

محتوای مواد معدنی استخوانی (g) گروه فعالیت ورزشی

تراکم و محتوای استخوانی	پیش آزمون	پس آزمون	درجه آزادی	t	سطح معناداری
اندام فوقانی					
دست چپ	۱۴۰/۰۲ ± ۱۹/۳۳	۱۳۹/۷۱ ± ۲۰/۴۷	۱۰	۰/۱۲۸	۰/۹
دست راست	۱۴۷/۹۱ ± ۲۶/۵۷	۱۴۰/۰۱ ± ۲۱/۸۹	۱۰	۲/۰۷۰	۰/۰۶
دنده‌های چپ	۶۸/۴۴ ± ۱۳/۵۵	۶۲/۳۱ ± ۱۵/۲۳	۱۰	۲/۱۰۹	۰/۰۶
دنده‌های راست	۷۹/۲۹ ± ۱۴/۱۸	۷۸/۷۰ ± ۱۵/۴۱	۱۰	۰/۱۶۲	۰/۸
تی ستون فقرات	۹۸/۷۶ ± ۱۱/۵۴	۹۸/۰۳ ± ۱۸/۳۵	۱۰	۰/۲۱۹	۰/۸
ال ستون فقرات	۵۵/۰۸ ± ۱۳/۹۸	۵۵/۴۷ ± ۱۰/۸۷	۱۰	-۰/۱۳۰	۰/۸
مهره‌های کمری	۶۰/۹۲ ± ۱۲/۹۴	۶۰/۲۵ ± ۱۲/۶۲	۱۰	۱/۱۳۲	۰/۲
اندام تحتانی					
لگن	۱۹۴/۲۵ ± ۴۴/۹۰	۱۹۵/۸۴ ± ۴۶/۴۰	۱۰	-۰/۶۶۰	۰/۵
گردن ران	۳/۶۷ ± ۰/۳۲	۳/۷۳ ± ۰/۳۵	۱۰	-۰/۷۰۳	۰/۴
پای چپ	۳۲۱/۱۳ ± ۳۹/۶۰	۳۲۲/۷۸ ± ۳۴/۸۷	۱۰	-۰/۳۴۸	۰/۷
پای راست	۳۲۳/۴۴ ± ۴۰/۸۲	۳۱۶/۹۴ ± ۳۲/۸۹	۱۰	۲/۰۲۱	۰/۰۷
تراکم مواد معدنی استخوانی (g/cm²) گروه کنترل					
اندام فوقانی					
دست چپ	۰/۶۳ ± ۰/۰۶	۰/۶۲ ± ۰/۰۵	۸	۱/۸۴۵	۰/۱
دست راست	۰/۶۷ ± ۰/۰۸	۰/۶۸ ± ۰/۰۸	۸	-۰/۵۶۰	۰/۵
دنده‌های چپ	۰/۵۶ ± ۰/۰۸	۰/۵۵ ± ۰/۰۷	۸	۰/۳۷۸	۰/۷
دنده‌های راست	۰/۵۶ ± ۰/۰۷	۰/۵۶ ± ۰/۰۸	۸	-۰/۱۷۶	۰/۸
تی ستون فقرات	۰/۸۱ ± ۰/۱۱	۰/۷۷ ± ۰/۱۰	۸	۱/۶۴۹	۰/۱
ال ستون فقرات	۱/۰۴ ± ۰/۰۹	۱/۰۵ ± ۰/۱۱	۸	-۰/۹۱۶	۰/۳
مهره‌های کمری	۱/۰۱۲ ± ۰/۰۹	۱/۰۰ ± ۰/۱۰	۸	۰/۳۸۰	۰/۷
تی اسکور مهره‌های کمری	-۰/۳۰ ± ۰/۸۵	-۰/۳۳۷ ± ۰/۹۶	۸	۰/۴۳۴	۰/۶
اندام تحتانی					
لگن	۲/۰۲۵ ± ۲/۶۹	۱/۰۳۱ ± ۰/۱۲	۸	۱/۰۲۶	۰/۳
گردن ران	۰/۸۱۹ ± ۰/۱۱	۰/۸۲۹ ± ۰/۱۰	۸	-۱/۰۰۰	۰/۳
پای چپ	۰/۹۳۴ ± ۰/۰۶	۰/۹۳۷ ± ۰/۰۶	۸	-۰/۳۹۷	۰/۷
پای راست	۰/۹۲۲ ± ۰/۰۶	۰/۹۲۸ ± ۰/۰۷	۸	-۱/۲۰۷	۰/۲
تی اسکور گردن ران	-۰/۲۸۷ ± ۰/۹۹	-۰/۳۰۰ ± ۱/۰۰	۸	۰/۴۸۳	۰/۶
محتوای مواد معدنی استخوانی (g) گروه کنترل					
اندام فوقانی					
دست چپ	۱۴۳/۵۵ ± ۲۰/۲۳	۱۳۹/۲۴ ± ۱۹/۸۲	۸	۰/۸۳۶	۰/۴
دست راست	۱۴۳/۰۵ ± ۱۹/۹۶	۱۴۵/۹۳ ± ۲۱/۶۷	۸	-۰/۳۷۰	۰/۷
دنده‌های چپ	۷۴/۲۵ ± ۱۱/۰۹	۷۱/۰۶ ± ۱۴/۷۱	۸	۱/۰۱۴	۰/۳
دنده‌های راست	۹۱/۸۰ ± ۲۱/۱۶	۸۴/۴۵ ± ۱۸/۳۳	۸	۱/۳۳۲	۰/۲
تی ستون فقرات	۹۵/۹۵ ± ۲۲/۶۱	۹۷/۶۲ ± ۱۶/۳۴	۸	-۰/۲۳۹	۰/۸
ال ستون فقرات	۴۶/۹۴ ± ۹/۹۸	۵۴/۲۳ ± ۹/۹۱	۸	-۱/۷۲۰	۰/۱

تراکم و محتوای استخوانی	پیش آزمون	پس آزمون	درجه آزادی	t	سطح معناداری
مهره‌های کمری	۵۶/۲۸ ± ۱۰/۱۵	۵۴/۷۷ ± ۹/۲۸	۸	۲/۹۶۰	۰/۰۳۲
اندام تحتانی					
لگن	۲۰۴/۹۳ ± ۵۴/۴۷	۲۰۳/۵۵ ± ۴۸/۴۹	۸	-۰/۲۸۲	۰/۷
گردن ران	۳/۳۳ ± ۱/۷۶	۴/۰۲ ± ۰/۵۱	۸	-۱/۰۱۳	۰/۳
پای چپ	۳۴۱/۸۹ ± ۴۱/۷۴	۳۳۸/۹۸ ± ۴۳/۳۵	۸	-۰/۴۲۳	۰/۶
پای راست	۳۳۷/۳۵ ± ۴۱/۵۸	۳۴۴/۴۵ ± ۴۷/۹۷	۸	-۱/۵۰۲	۰/۸

اعداد بر حسب میانگین و انحراف معیار استاندارد بیان شده‌اند. * تفاوت معنادار ($p \leq 0.05$).

بحث

نتایج درون‌گروهی حاصل از آزمون تی همبسته پژوهش حاضر نشان داد که ۱۲ هفته برنامه فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط ۶۵ الی ۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره‌ای یا برنامه W-WJMIEP-R بر تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی اندام‌های فوقانی یعنی دست چپ و راست، دنده‌های چپ و راست، ستون فقرات و مهره‌های کمری و اندام‌های تحتانی یعنی لگن، گردن ران، پای چپ و راست در گروه فعالیت ورزشی تأثیر معنی‌داری نداشت و همچنین در هیچ یک از متغیرهای وابسته این پژوهش در طول ۱۲ هفته در گروه کنترل نیز تغییرات معنی‌داری مشاهده نشد، بجز در محتوای مواد معدنی استخوانی مهره‌های کمری گروه کنترل که در طول ۱۲ هفته کاهش معناداری را نشان داد (جدول ۲). به علاوه، نتایج بین‌گروهی حاصل از آزمون آنکوا نیز نشان داد که پس از مداخله برنامه ۱۲ هفته‌ای فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط ۶۵ الی ۷۰ درصد ضربان قلب تمرین، تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی اندام‌های فوقانی و تحتانی گروه فعالیت ورزشی در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۳)، بجز در محتوای مواد معدنی استخوانی پای راست که تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده شد، بطوریکه در طول این ۱۲ هفته گروه فعالیت ورزشی کاهش غیرمعنادار و گروه کنترل افزایش غیرمعناداری را نشان دادند و ضریب اِتا به ازای یک واحد برابر با ۳۴/۷ درصد تغییرات داشت (جدول ۳) که با یافته‌های ترتیبی و همکاران (۲۰۱۱)، مارکوس و همکاران (۲۰۱۳)، گومز کابلو و همکاران (۲۰۱۴) و هاروش و همکاران (۲۰۰۴) که بیان داشتند ۲۴ هفته تمرینات هوازی با شدت ۶۵ درصد ضربان قلب بیشینه و سه جلسه در هفته و هر جلسه تمرین ۴۵ دقیقه باعث افزایش تراکم استخوانی گردن ران در زنان یائسه ۵۸ تا ۷۸ سال می‌شود (۶)، و ۳۲ هفته فعالیت ورزشی با ۷۵ الی ۸۰ درصد بیشینه دو جلسه‌ای به همراه یک جلسه تمرین با تحمل وزن در هفته باعث افزایش تراکم استخوانی مهره‌های کمری می‌شود (۱۱)، یازده هفته تمرین و بیریشن کل بدن با فرکانس ۴۰ هرتز (سه جلسه در هفته و هر جلسه ۱۰ تکرار ۴۵ ثانیه‌ای با یک دوره استراحت ۶۰ ثانیه‌ای بین تکرارها) تراکم مواد معدنی حجمی استخوان کورتیکال و تراپیکولار تیبیا را بطور معناداری کاهش می‌دهد (۱۰) و انجام هفت ماه تمرینات در آب موجب افزایش تراکم استخوانی در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل شد (۱۷) ناهمسو می‌باشد.

جدول ۳. مقایسه میانگین تغییرات بین گروهی پیش و پس از مون تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی اندام- های فوقانی و تحتانی طی ۱۲ هفته برنامه فعالیت ورزشی هواری در گروه فعالیت ورزشی و کنترل.

مقیاسها	پیش از مون		پس از مون		تست لئون	مستنداری	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری	مقیاسها
	گروه فعالیت ورزشی n=۱۱	پیش از مون	پس از مون	گروه کنترل n=۹								
تراکم مواد معدنی استخوانی (g/cm ³)												
دست چپ	۰/۶۳۷ ± ۰/۰۵	۰/۶۴۳ ± ۰/۰۴	۰/۶۳۳ ± ۰/۰۶	۰/۶۲۴ ± ۰/۰۵	۰/۲۳۷	۰/۶۱۲	۰/۰۰۱	۱	۰/۰۰۱	۰/۳۳۷	۰/۳۳۷	۰/۰۰۵
دست راست	۰/۶۸۳ ± ۰/۰۷	۰/۶۸۱ ± ۰/۰۷	۰/۶۷۸ ± ۰/۰۸	۰/۶۸۸ ± ۰/۰۸	۰/۱۹۶	۰/۶۶۳	۰/۰۰۱	۱	۰/۰۰۱	۰/۲۳۳	۰/۲۳۳	۰/۰۰۷
دندهای چپ	۰/۵۶۰ ± ۰/۰۷	۰/۵۵۵ ± ۰/۰۶	۰/۵۶۵ ± ۰/۰۸	۰/۵۵۵ ± ۰/۰۷	۰/۱۸۹	۰/۱۸۶	۰/۰۰۱	۱	۰/۰۰۱	۰/۹۲۲	۰/۹۲۲	۰/۰۰۱
دندهای راست	۰/۵۶۸ ± ۰/۰۷	۰/۵۶۳ ± ۰/۰۸	۰/۵۶۳ ± ۰/۰۷	۰/۵۶۳ ± ۰/۰۸	۰/۲۳۶	۰/۱۲۵	۰/۰۰۱	۱	۰/۰۰۱	۰/۲۳۶	۰/۲۳۶	۰/۰۰۸
تی ستون فقرات	۰/۸۲۳ ± ۰/۱۱	۰/۸۲۱ ± ۰/۱۱	۰/۸۱۳ ± ۰/۱۰	۰/۸۱۳ ± ۰/۱۰	۰/۲۸۰	۰/۱۱۰	۰/۰۰۱	۱	۰/۰۰۱	۰/۲۸۸	۰/۲۸۸	۰/۰۰۳
ال ستون فقرات	۱/۰۰۸ ± ۰/۱۱	۱/۰۰۹ ± ۰/۱۰	۱/۰۰۴ ± ۰/۰۹	۱/۰۰۵ ± ۰/۱۱	۱/۸۴۴	۰/۱۹۳	۰/۰۰۱	۱	۰/۰۰۱	۰/۸۶۶	۰/۸۶۶	۰/۰۰۳
مهره‌های کمری	۱/۰۴۵ ± ۰/۱۰	۱/۰۳۹ ± ۰/۱۱	۱/۰۱۳ ± ۰/۰۹	۱/۰۰۰ ± ۰/۱۰	۱/۳۷۷	۰/۲۰۶	۰/۰۰۰۰۶	۱	۰/۰۰۰۰۶	۰/۳۷۵	۰/۳۷۵	۰/۰۰۵
تی اسکور مهره‌های کمری	۰/۰۰۱ ± ۰/۹۴	۰/۰۰۳ ± ۱/۰۰	۰/۰۳۰ ± ۰/۸۵	۰/۰۳۳ ± ۰/۹۶	۰/۵۴۲	۰/۲۷۲	۰/۰۱۲	۱	۰/۰۱۲	۰/۶۷۶	۰/۶۷۶	۰/۰۱۱
اندام تحتانی												
لگن	۱/۱۱۱ ± ۰/۰۹	۱/۱۰۶ ± ۰/۰۹	۱/۰۲۵ ± ۰/۰۹	۱/۰۳۱ ± ۰/۱۲	۰/۵۷۵	۰/۲۵۹	۰/۰۱۶	۱	۰/۰۱۶	۰/۲۵۷	۰/۲۵۷	۰/۰۷۹
گردن ران	۰/۷۹۹ ± ۰/۰۴	۰/۷۹۳ ± ۰/۰۴	۰/۸۱۹ ± ۰/۱۱	۰/۸۱۹ ± ۰/۱۰	۰/۱۱۱	۰/۷۴۳	۰/۰۰۱	۱	۰/۰۰۱	۰/۲۵۶	۰/۲۵۶	۰/۰۵۳
پای چپ	۰/۹۳۸ ± ۰/۰۴	۰/۹۳۹ ± ۰/۰۵	۰/۹۳۳ ± ۰/۰۶	۰/۹۳۷ ± ۰/۰۶	۰/۱۸۲	۰/۷۱۱	۰/۰۰۱	۱	۰/۰۰۱	۰/۸۳۹	۰/۸۳۹	۰/۰۰۳
پای راست	۰/۹۵۱ ± ۰/۰۴	۰/۹۴۰ ± ۰/۰۴	۰/۹۲۲ ± ۰/۰۶	۰/۹۲۸ ± ۰/۰۷	۰/۱۸۲	۰/۶۷۵	۰/۰۰۱	۱	۰/۰۰۱	۰/۵۰۱	۰/۵۰۱	۰/۲۱۷
تی اسکور گردن ران	۰/۵۹۱ ± ۰/۳۷	۰/۶۱۸ ± ۰/۲۶	۰/۶۸۷ ± ۰/۹۹	۰/۶۳۰ ± ۰/۱۰	۳/۴۹۳	۰/۰۷۹	۰/۰۰۶	۱	۰/۰۰۶	۰/۷۸۵	۰/۷۸۵	۰/۰۰۵
محتوای مواد معدنی استخوانی (g)												
اندام فوقانی												
دست چپ	۱۴/۰۲ ± ۱۹/۳۳	۱۳/۷۱ ± ۲۰/۴۷	۱۳/۵۵ ± ۲۰/۲۳	۱۳/۹۳ ± ۱۹/۸۲	۰/۴۱۲	۰/۵۲۱	۰/۱۸۴	۱	۰/۱۸۴	۰/۵۲۰	۰/۵۲۰	۰/۰۲۶
دست راست	۱۴/۷۹ ± ۲۶/۵۷	۱۴/۰۱ ± ۲۱/۸۹	۱۳/۰۵ ± ۱۹/۹۶	۱۳/۹۳ ± ۲۱/۶۷	۲/۶۲۰	۰/۱۲۶	۳۳۵/۹۶۵	۱	۳۳۵/۹۶۵	۱/۷۸۱	۱/۷۸۱	۰/۱۱۳
دندهای چپ	۲۸/۴۴ ± ۱۳/۵۵	۲۷/۳۱ ± ۱۵/۲۳	۲۷/۲۵ ± ۱۱/۰۹	۲۷/۵۶ ± ۱۴/۷۱	۰/۸۵۵	۰/۳۷۰	۳۹/۳۸۰	۱	۳۹/۳۸۰	۰/۵۱۲	۰/۵۱۲	۰/۰۳۱
دندهای راست	۲۹/۲۳ ± ۱۴/۱۸	۲۸/۷۰ ± ۱۵/۴۱	۲۸/۰۰ ± ۲۱/۱۶	۲۸/۲۵ ± ۱۸/۳۳	۰/۲۴۴	۰/۸۷۸	۳۰/۶۰۴	۱	۳۰/۶۰۴	۰/۶۹۹	۰/۶۹۹	۰/۰۱۵
تی ستون فقرات	۹۸/۷۶ ± ۱۱/۵۲	۹۸/۰۳ ± ۱۸/۲۵	۹۵/۹۵ ± ۲۲/۶۱	۹۷/۶۲ ± ۱۶/۳۴	۰/۱۱۵	۰/۷۳۹	۱۱/۴۲۰	۱	۱۱/۴۲۰	۰/۸۰۲	۰/۸۰۲	۰/۰۰۵
ال ستون فقرات	۵۵/۰۸ ± ۱۳/۹۸	۵۵/۲۷ ± ۱۰/۸۷	۴۶/۹۶ ± ۹/۸۸	۴۶/۳۳ ± ۹/۹۱	۰/۵۶۶	۰/۴۵۲	۳۱/۷۸۱	۱	۳۱/۷۸۱	۰/۴۴۳	۰/۴۴۳	۰/۰۳۱
مهره‌های کمری	۶۰/۹۲ ± ۱۳/۸۲	۶۰/۳۵ ± ۱۱/۶۲	۵۶/۱۸ ± ۱۰/۱۵	۵۶/۷۷ ± ۹/۲۸	۰/۸۲۵	۰/۳۷۵	۴/۱۳۸	۱	۴/۱۳۸	۱/۴۴۲	۱/۴۴۲	۰/۰۹۳
اندام تحتانی												
لگن	۱۹۴/۲۵ ± ۲۴/۰۰	۱۹۵/۸۴ ± ۲۶/۴۰	۲۰/۴۹۳ ± ۵۲/۳۷	۲۰/۳۵۵ ± ۴۸/۴۹	۰/۳۵۱	۰/۵۶۳	۲۴۱/۰۷	۱	۲۴۱/۰۷	۰/۲۶۰	۰/۲۶۰	۰/۰۱۸
گردن ران	۳/۶۷ ± ۰/۳۲	۳/۳۳ ± ۰/۲۳	۳/۳۳ ± ۱/۱۶	۳/۲۰ ± ۰/۵۱	۰/۹۴۴	۰/۲۴۹	۱۰/۴۹۵	۱	۱۰/۴۹۵	۲/۶۶۴	۲/۶۶۴	۰/۰۶۰
پای چپ	۳۳/۱۱۳ ± ۹۹/۶۰	۳۳/۲۷۸ ± ۳۳/۸۷	۳۳/۱۸۹ ± ۴۱/۱۴	۳۳/۸۹ ± ۳۳/۲۵	۰/۳۵۱	۰/۶۲۴	۸۳۹/۴۱۰	۱	۸۳۹/۴۱۰	۰/۴۳۳	۰/۴۳۳	۰/۰۰۳
پای راست	۳۳/۲۴۴ ± ۲۰/۸۲	۳۳/۹۳۴ ± ۲۲/۸۹	۳۳/۲۵۵ ± ۴۱/۵۸	۳۳/۴۵ ± ۴۷/۸۷	۷/۸۶۱	۰/۰۱۲	۸۳۹/۴۱۰	۱	۸۳۹/۴۱۰	۰/۱۶۶	۰/۱۶۶	۰/۲۴۷

* مقدار بر حسب میانگین و انحراف معیار استاندارد بیان شده است. تفاوت معنادار (p<0.05)

جدول ۳. مقایسه میانگین تغییرات بین گروهی پیش و پس از مون تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی اندام‌های فوقانی و تحتانی طی ۱۲ هفته برنامه فعالیت ورزشی هواری در گروه فعالیت ورزشی و کنترل با استفاده از آزمون t-کولمب.

در مقابل با یافته‌های اوانس و همکاران (۲۰۰۷) و مادلوور و همکاران (۲۰۰۰) که بیان داشتند ۹ ماه فعالیت استقامتی با شدت ۵۵ تا ۶۰ درصد اوج ظرفیت هوازی تغییرات معناداری را در آلکالین فسفاتاز اختصاصی استخوان و تراکم استخوانی نشان نداد (۱۸) و انجام تمرینات مقاومتی با شدت متوسط و شدید به مدت ۱۲ هفته هیچ تاثیری بر تراکم استخوانی مهره‌های ستون فقرات در زنان نداشت (۱۹)، ناهمسو است. تفاوت‌های موجود در نتایج حاصل از پژوهش‌های مختلف در این زمینه به تنوع ماهیت ورزشی، شدت و مدت زمان فعالیت ورزشی بستگی دارد (۲۰، ۲۱، ۲۶)، بطوریکه در فعالیت‌های کوتاه مدت و طاقت‌فرسا سطوح کلسیم خون افزایش می‌یابد که احتمالاً به علت افزایش هورمون پاراتیروئید ناشی از فعالیت‌های ورزشی مورد استفاده باشد (۲۰). بنابراین، عوامل مختلفی از جمله شدت و مدت زمان تمرین، نوع بازگشت به حالت اولیه (یعنی فعال یا غیرفعال)، نوع فعالیت ورزشی و جنسیت و سن آزمودنی‌ها می‌تواند تنوع یافته‌های مربوط به تغییرات تراکم و محتوای مواد معدنی استخوان را در انسان‌ها، بویژه زنان یائسه توجیه کند. لذا به نظر می‌رسد که فعالیت ورزشی با شدت متوسط ۶۵ الی ۷۰ درصد ضربان قلب تمرین در مطالعه حاضر کارایی کافی برای تحریک سلول‌های استخوانساز (استئوبلاست‌ها) را نداشته و برای تغییرات تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی کل بدن به منظور بهبود بازسازی و تشکیل استخوان کافی نبوده است. با این حال، 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 بوجود می‌آید و زمانی که استخوان تحت فشار مکانیکی قرار می‌گیرد، فعالیت یاخته‌های سازنده، استخوان را تحریک کرده، و نتیجه‌اش تشکیل کلسیم است (۳-۱) که احتمالاً در زنان یائسه سلول‌های سازنده استخوان/استئوبلاست‌های قسمت‌های مختلف بدن از جمله دست‌ها، تنه و پاها کمتر تحریک شده و در نتیجه جذب کلسیم کمتر می‌شود و لذا باعث عدم تغییرات تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی اندام‌های فوقانی و تحتانی در راستای بهبود و بازسازی افزایش استخوان می‌شود.

از آنجا که زنان هشت برابر بیشتر از مردان در معرض پوکی استخوان هستند، این بیماری بیش از نیمی از زنان بالای ۵۰ سال را در بر می‌گیرد، بویژه در دوران یائسگی که سرعت کاهش تراکم و محتوای مواد معدنی استخوان به علت کاهش برخی از هورمون‌های زنانه یعنی استروژن و پروژسترون افزایش می‌یابد (۱۳، ۱۴). لذا این احتمال وجود دارد که در پژوهش حاضر، شدت فعالیت ورزشی یعنی ۶۵ الی ۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره‌ای، تاثیر مثبت/افزایشی بر تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی چه در اندام‌های فوقانی و چه در اندام‌های تحتانی در زنان یائسه نداشت. همچنین، این احتمال نیز وجود دارد که دوره یائسگی بر تاثیرات مثبت پروتکل ورزشی پژوهش حاضر غلبه کرده است و لذا تغییرات چشمگیری در تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی در آزمودنی‌های گروه فعالیت ورزشی به وجود نیآورده است.

یکی از عوامل مهم اثرات مثبت فعالیت ورزشی، مدت زمان انجام همان پروتکل تمرینی است که در پژوهش حاضر مدت زمان پروتکل تمرینی ۳ ماه در نظر گرفته شده بود و این احتمال وجود دارد که زمان کافی برای تحریک سلول‌های استخوانساز نبوده است، چرا که تشکیل استخوان چرخه کندی است و بازسازی این چرخه با جایگزینی کامل از بین رفتن استخوان با استئوئید جدید کامل می‌گردد که نهایتاً افزایش تراکم و محتوای مواد معدنی استخوان را به دنبال دارد، یعنی حداقل زمان ممکن برای کامل شدن این چرخه سه الی چهار ماه طول می‌کشد (۲). با این حال، داشتن تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی بیشتر در کل بدن یک عامل اساسی در

جلوگیری از پوکی استخوان و شاخص پیش‌بینی کننده برای شکستگی استخوان است (۱،۲). از طرفی، طبق تعریف سازمان بهداشت جهانی، اگر کاهش تراکم مواد معدنی استخوان بیش از ۲/۵- انحراف معیار از متوسط تراکم مواد معدنی استخوانی افراد طبیعی باشد، فرد به پوکی استخوان مبتلاست و کاهش تراکم مواد معدنی استخوانی بین ۱- تا ۲/۵- انحراف معیار را استئوپنی و در افراد با انحراف معیار ۱- تا ۱ و بیشتر از آن، طبیعی محسوب می‌شود (۳). با توجه به اینکه آزمودنی‌های این مطالعه در حالت پایه دارای تراکم مواد معدنی استخوانی نرمال (انحراف معیار ۱- به بالا) بودند، لذا پس از مداخله ۱۲ هفته برنامه فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط ۶۵ الی ۷۰ درصد ضربان قلب تمرین با اینکه در راستای بهبود و افزایش بازسازی استخوان، تغییرات معناداری در گروه فعالیت ورزشی مشاهده نشد، اما در گروه کنترل طی ۱۲ هفته پژوهش یکی از آزمودنی‌ها در ناحیه مهره‌های کمری و دو آزمودنی در ناحیه گردن ران به استئوپنی مبتلا شدند، درحالی‌که در گروه فعالیت ورزشی تراکم مواد معدنی استخوانی مهره‌های کمری و گردن ران بر اساس تی اسکور در حد نرمال و طبیعی باقی مانده بود. لذا، این احتمال وجود دارد که فرآیند پیری/افزایش سن در گروه فعالیت ورزشی تحت تاثیر فعالیت ورزشی پیاده‌روی و دوی سبک با شدت متوسط ۶۵ الی ۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره‌ای قرار گرفته است. با این حال، عوامل زیادی در این فرآیند درگیر هستند و برای مشخص شدن آنها، نیاز هست تا مطالعات بیشتری مورد بررسی قرار گیرد. از طرفی، تعداد کم آزمودنی‌ها و همچنین کنترل دقیق تغذیه آزمودنی‌های این پژوهش یعنی غذای یکسان در طی ۱۲ هفته به لحاظ مشکلات مالی و اقتصادی از محدودیت‌های پژوهش حاضر بود (تنها با پرسشنامه یادآمد سه روزه تغذیه آزمودنی‌ها کنترل شد). به همین دلیل، برای دست یافتن به نتایج عینی، افزایش تعداد آزمودنی‌های پژوهش‌های بعدی ضروری به نظر می‌رسد.

در مجموع، از مهمترین کاربردهای این پژوهش می‌توان به این نکته اشاره کرد که احتمالاً ۳ ماه فعالیت ورزشی هوازی پیاده‌روی و دوی سبک با شدت ۶۵ الی ۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره‌ای، علیرغم حفظ تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی گروه فعالیت ورزشی، نمی‌تواند باعث افزایش تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی اندام‌های فوقانی و تحتانی در زنان یائسه کم‌تحرک باشد. همچنین، تا به امروز نتایج تحقیقات مربوط به سازگاری‌های دستگاه اسکلتی یعنی تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی ناشی از فعالیت ورزشی نتوانسته است اندازه و میزان شدت آستانه را بطور دقیق برای تحریک سلول‌های استخوانساز یعنی استئوبلاست‌ها تعیین کند، لذا برای مشخص شدن سوخت و ساز بافت استخوان به فعالیت ورزشی و همچنین تعیین اندازه و شدت تمرین و نوع فعالیت ورزشی و از همه مهمتر مدت زمان آن جهت بهبود یا حفظ تراکم و محتوای مواد معدنی استخوانی، انجام دادن تحقیقات علمی آتی در راستای سازگاری‌های بافت استخوان ناشی از فعالیت ورزشی ضروری به نظر می‌رسد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله از سرکار خانم دکتر افسر قره‌باغ (متخصص قلب و عروق و استادیار دانشگاه علوم پزشکی ارومیه)، جناب آقای دکتر آغداشی (فوق تخصص روماتولوژی و دانشیار دانشگاه علوم پزشکی ارومیه) و آزمودنی‌های پژوهش کمال تشکر را اعلام می‌دارند.

References:

1. Malandish A, Ebrahimi-Atri A, RashidLamir A. 2011. The comparison of bone density of lumbar spine and femoral neck between professional cyclists and non-athletes. *Iranian J Res in Sport Scie/Studies in Sport Med.* 8(2):61-72. [Persian].
2. Plowman SA, Smith DL. 2014. Exercise physiology for health, fitness, and performance. Tartibian B, Malandish A. 3rd ed. Urmia: Urmia U Publishers. 904-5. [Persian].
3. Malandish A, EbrahimiAtri A, RashidLamir A. 2013. The Comparison of Bone Mineral Content (BMC) and Bone Area in Professional Water Polo Players and Non-Athletes. *Inter J Basic Scie & Applied Res.* 2(6):569-573.
4. Ebrahimi-Atri A, Malandish A, Rashidlamir A, Shabani M. 2012. Is Osteoporosis and Osteopenia a Health Risk in Professional Cyclists of Iran and Tour-de-France? *Iranian J Health & Physical Activity.* 3(1):7-13.
5. Ebrahimi-Atri A, Malandish A, Rashidlamir A. 2013. The Comparison of BMC, BMD, T score, and Z score of the Lumbar Spine and Femur between Professional Swimmers and Non-athletes. *Iranian J of Health & Physical Activity.* 4(2):18-24.
6. Tartibian B, Hajjjadeh-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.* 8:71-7.
7. Maimoun L, Mariano-Goulart D, Couret I, Manetta J, Peruchon E, Micallef JP, et al. 2004. Effects of physical activities that induce moderate external loading on bone metabolism in male athletes. *J Sports Scie.* (22):875883.
8. Malandish A. 2011. The comparison of bone density of lumbar spine and femoral neck between professional cyclists & swimmers and non-athletes (Thesis of MSc). Mashhad: Ferdowsi University of Mashhad. [Persian].
9. Braun SI, Kim Y, Jetton AE, Kang M, Morgan DW. 2015. Prediction of bone mineral density and content from measures of physical activity and sedentary behavior in younger and older females. *Preventive Med Reports.* 2:300–305.
- 10- Gomez-Cabello A, Gonzalez-Agüero A, Morales S, Ara I, Casajus JA, Vicente-Rodriguez G. 2014. Effects of a short-term whole body vibration intervention on bone mass and structure in elderly people. *J Scie & Med in Sport.* 17:160–164.
11. Marques EA, Mota J, Viana MJ, Tuna D, Figueiredo P, Guimaraes JT, et al. 2013. Response of bone mineral density, inflammatory cytokines, and biochemical bone markers to a 32-week combined loading exercise programs in older men and women. *Arch Geront & Geria.* 57:226–233.
12. Acochakian M, Nouri R, RahmaniNia F, Damirchi A. 2012. Effect of combinative exercise on bone mineral density in postmenopausal women of breast cancer patients. *J Sport Bioscie* 9:49-62. [Persian].
13. Soltani A, Larijani B, sedaghat M, Adibi H, Hamidi Z, Shenazandi H, et al. 2002. Risk factor analysis of osteoporosis in women referred to bone densitometry unit of Endocrinology and Metabolism Research Center of Tehran University of Medical Sciences. *Iranian South Med J.* 5:82-91. [Persian].
14. Aala M, Aghaei Meybodi HR, Peymani M, Larijani B. 2009. Osteoporosis and exercise in postmenopausal women. *Iranian J Endocri & Metab* 11(2):209-230. [Persian].
15. Tartibian B, Khorshidi M. 2006. Estimation of physiological indices in exercise. 1st edition. Tehran: Teimourzadeh Publication – Nashre Tabib. 37-142. [Persian].
16. Marques EA, Mota J, Viana MJ, Tuna D, Figueiredo P, Guimaraes JT, et al. 2013. Response of bone mineral density, inflammatory cytokines, and biochemical bone

- markers to a 32-week combined loading exercise programs in older men and women. *Arch Geront & Geria*. 57:226–233.
17. Harush, D and Rotstein, A. 2008. The Effect of a Water Exercise Program on Bone Density among Postmenopausal Women. *J Sports Med Phys Fitness*. 48(3):352-9.
 18. Evans EM, Racette SB, Van-Pelt RE, Peterson LR, Villareal DT. 2007. Effects of soy protein isolate and moderate exercise on bone turnover and bone mineral density in postmenopausal women. *Menopause*. 14(3):481-8.
 19. Maddalazzo GF, Snow CM. 2000. High intensity resistance training: effect on bone in older men and women. *Calcif Tissue Int*. 66(6):399-404.
 20. Moazemi M, Jamali FS. 2014. The effect of 6-months aerobic exercises on bone-specific alkaline phosphatase and parathyroid hormone in obese inactive woman. *J Sport & Biomotor Scie*. 5(2):71-79. [Persian].
 21. Ebrahim KH, Ramezanpoor MR, RezayeeSahrayee A. 2010. Effect of 8 weeks aerobic exercise and intensive on estrogen hormone changes and some factors influence on bone mass in sedentary postmenopausal women. *J Endocri & Metab of Iran*. 12(4):401-408. [Persian].