Archive of SID

Medical Journal
of
Tabriz University of Medical Sciences and Health Services

Original Article

Effect of 8 weeks of selected aquatic aerobic training on bone formation and density indices in overweight middle-aged men

Javad Tolouei Azar[1], Ghafour Ghaffari[2], Asghar Tofighi[1*]

[1] Department of Exercise Physiology and Corrective Exercises , Faculty of Sport Sciences, Urmia University, Urmia, Iran.
[2] Phd Student of Cardiovascular-Respiratory Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Urmia University, Urmia, Iran
*Corresponding author; E-mail: a.tofighi@urmia.ac.ir

Received: 13 May 2017 Accepted: 18 July 2017 First Published online: 18 November 2019
Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2019 December-2020 January; 41(5):89-99

Abstract

Background: Preventing the bone loss and trying to keep bones healthy at a young age are the best preventive options in order to manage osteoporosis in elderly. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of 8 weeks of selected aquatic aerobic training on bone formation and density indices in overweight middle-aged men.

Methods: In a semi-experimental study, 24 overweight men (BMI≥25) with a range of 45 to 55 years old were selected randomly after a public call among 70 subjects. Participants were randomly divided into experimental (n=12) and control (n=12) groups. Training program included selected aquatic aerobic training with 45 to 65 percent of maximum heart rate lasting for 8 weeks. Blood samples were taken before and after exercise to measure serum variables.

Results: There was a significant difference between pre-test and post-test of femoral bone density, osteocalcin and serum parathormone in the experimental group ($p< 0.05$) while this difference was not significant for the pre and post-test values of these variables in the participants of the control group ($p> 0.05$). Also, exercise increases mean of changes in femur bone density, osteocalcin and parathormone levels significantly in the experimental group in comparison with the control group ($p< 0.05$).

Conclusion: **A**uatic aerobic training is recommended for overweight middle-aged individuals to prevent osteoporosis and reduce bone density associated with aging.

Keyword: Aquatic Aerobic Training, Bone Density, Osteocalcin, Parathormone, Middle-Aged Men

How to cite this article: Tolouei Azar J, Ghaffari Gh, Tofighi A. [Effect of 8 weeks of selected aquatic aerobic training on bone formation and density indices in overweight middle-aged men]. Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2019 December-2020 January; 41(5):89-99. Persian.

© 2019 The Author(s). This is an Open Access article published by Tabriz University of Medical Sciences under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

www.SID.ir

Archive of SID

مقاله پژوهشی

تأثیر هشت هفته تمرین هوازی در آب بر شاخص‌های تشکیل و متراکم کننده استخوان در مردان میانسال دارای اضافه وزن

جواد طلوعی‌آذر[۱]، غفور غفاری[۲]، اصغر توفیقی[۱*]

[۱] گروه فیزیولوژی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
[۲] دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی قلب، عروق و تنفس، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
[*] نویسنده مسوول؛ ایمیل: a.tofighi@urmia.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۶/۲/۲۳ پذیرش: ۱۳۹۶/۴/۲۷ انتشار برخط: ۱۳۹۸/۸/۲۷
مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ـ درمانی تبریز. آذر و دی ۱۳۹۸؛ ۴۱(۵):۸۹-۹۹

چکیده

زمینه: بهترین راه پیشگیری از پوکی استخوان در سالمندی جلوگیری از کاهش تراکم استخوانی و تلاش در جهت حفظ آن در سنین جوانی و میانسالی است. بنابراین هدف از مطالعه حاضر، تعیین تاثیر هشت هفته تمرین هوازی در آب بر شاخص‌های تشکیل و متراکم کننده استخوان در مردان میانسال دارای اضافه وزن بود.

روش‌کار: در یک مطالعه نیمه‌تجربی ۲۴ مرد دارای اضافه وزن (BMI≥ ۲۵) ۴۵ تا ۵۵ ساله به صورت فراخوان عمومی، از میان ۷۰ داوطلب جهت شرکت در این مطالعه، به طور تصادفی انتخاب و پس از دارا بودن شرایط لازم به دو گروه تجربی (۱۲ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) تقسیم شدند. برنامه تمرینی شامل تمرینات هوازی در آب با شدت ۴۵ تا ۶۵ درصد ضربان قلب بیشینه به مدت ۸ هفته بود. نمونه‌های خونی قبل و بعد از تمرین جهت اندازه‌گیری متغیرهای سرمی گرفته شد.

یافته‌ها: تفاوت معناداری بین مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون تراکم استخوان ران، استئوکلسین و پاراتورمون سرم در گروه تجربی مشاهده شد (p<۰/۰۵) در حالی که این تفاوت برای مقادیر پیش و پس‌آزمون این متغیرها در آزمودنی‌های گروه کنترل معنادار نبود (p> ۰/۰۵). همچنین فعالیت ورزشی؛ میانگین تغییرات تراکم استخوان ران، سطح استئوکلسین و پاراتورمون سرم در گروه تجربی را در مقایسه با گروه کنترل به شکل معناداری افزایش داد (p<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: جهت جلوگیری از بروز پوکی استخوان و کاهش تراکم استخوانی ناشی از افزایش سن، تمرینات ورزشی هوازی در آب به افراد میانسال دارای اضافه وزن پیشنهاد می‌شود.

کلید واژه‌ها: تمرین هوازی در آب، تراکم استخوان، استئوکلسین، پاراتورمون، مردان میانسال

نحوه استناد به این مقاله: طلوعی‌آذر ج، غفاری غ، توفیقی ا. تأثیر هشت هفته تمرین هوازی در آب بر شاخص‌های تشکیل و متراکم کننده استخوان در مردان میانسال دارای اضافه وزن. مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ـ درمانی تبریز. ۱۳۹۷؛ ۴۱(۵):۸۹-۹۹

حق تألیف برای مؤلفان محفوظ است.
این مقاله با دسترسی آزاد توسط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ـ درمانی تبریز تحت مجوز کریتیو کامنز (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0) منتشر شده که طبق مفاد آن هرگونه استفاده تنها در صورتی مجاز است که به اثر اصلی به نحو مقتضی استناد و ارجاع داده شده باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

چاقی و پوکی استخوان مشکل بزرگ جهانی محسوب می‌شوند که شیوع آنها در حال افزایش است. سازمان بهداشت جهانی (WHO)، پس از بیماری‌های قلبی عروقی و انواع سرطان، پوکی استخوان را به عنوان سومین معضل بهداشتی جهان تعیین و اپیدمی خاموش نامگذاری کرده است (۱). پوکی استخوان از شایع‌ترین بیماری‌های متابولیک استخوان در دوران میانسالی و سالمندی شناخته شده است؛ به طوری که میزان تخریب استخوان افزایش یافته و سرعت دوباره سازی و جایگزین کردن استخوان جدید به جای استخوان تخریب شده کاهش می‌یابد (۲). تظاهرات بالینی اصلی پوکی استخوان شامل شکستگی مهره و لگن است، که شایع‌ترین شکستگی‌های استئوپروتیک هستند که با دردهای مزمن، ناتوانایی‌های عملکردی و افزایش خطر مرگ و میر ارتباط دارند (۳). در ایران ۵۰ درصد مردان و ۷۰ درصد زنان بالای ۵۰ سال، مبتلا به پوکی استخوان و یا استئوپنی هستند. اگرچه شیوع کاهش استخوان در زنان به علت کاهش عوامل هورمونی مانند استروژن بیشتر است اما تعداد مردان با شکستگی‌های استئوپروتیک نیز روبه افزایش است (۴). آخرین آمار موجود نشان دهنده شیوع بالای استئوپروز ۴/۸٪ مردان و ۷/۷٪ زنان در کشور ایران می‌باشد. همچنین مطالعات انجام شده نشان دهنده شیوع چاقی شکمی در ۹/۷–۱۲/۹٪ مردان و ۵۴/۵–۶۳/۷٪ زنان ایرانی می‌باشد (۵). در واقع چاقی مفرط از دید متخصصان پزشکی، دروازه‌ای است برای خوشامدگویی به بیماری‌هایی مانند دیابت، کلسترول بالا، بیماری‌های کلیه، افسردگی، دردهای مفصلی و انواع سرطان‌ها که همه این بیماری‌ها به نوعی می‌توانند از عوامل خطرزای پوکی استخوان باشند. توده چربی بخصوص در مردان معمولا در ناحیه شکم تجمع یافته و ایجاد چاقی شکمی می‌کند. با افزایش سن تونسیته عضلات جدار شکم از جمله رکتوس آبدومینوس کاهش یافته و فضای مناسب‌تری برای تجمع چربی فراهم می‌گردد. بر این اساس با در نظر گرفتن بافت چربی به عنوان یک غدد درون‌ریز، اثر توده چربی بر روی استخوان ممکن است فراتر از بار مکانیکی آن بر استخوان باشد به طوری که برخی از داده‌ها نشان می‌دهد که چربی بدن، به‌ویژه چربی احشایی، می‌تواند سایتوکاین‌های پیش‌التهابی را ترشح کند که می‌تواند اثر منفی بر متابولیسم استخوان داشته باشد. بر این اساس، این بیماری یک مسئله با اهمیت برای نظام بهداشت ایران است که گستردگی ابعاد آن در حال آشکار شدن است (۶). استخوان یک بافت متابولیک فعال است که با دو فرایند تشکیل و بازجذب استخوان، پیوسته بازسازی می‌شود. از بین رفتن تعادل بین این دو فرایند به صورتی که میزان بازجذب بیشتر از تشکیل استخوان جدید باشد موجب کاهش تراکم استخوان می‌شود. بازسازی استخوان با استفاده از نشانگرهای بیوشیمیایی متابولیسم استخوان قابل ارزیابی است. این نشانگرهای بیوشیمیایی مشخص کننده تشکیل یا تخریب استخوان بوده و اندازه‌گیری آن‌ها نقش مهمی در ارزیابی و کنترل پوکی استخوان دارد (۷). استئوکلسین و پاراتورمون از مهمترین نشانگرهای تشکیل استخوان هستند که جنبه‌های گوناگون عملکرد استئوبلاست‌ها و ساخت استخوان را منعکس می‌کنند (۷). استئوکلسین که به عنوان پروتئین استخوانی محتوی گاما کربوکسی گلوتامیک اسید (BGLAP) نیز شناخته شده، فراوان‌ترین پروتئین غیر کلاژنی ماتریکس استخوانی است که بیش از سه درصد کل پروتئین استخوان را شامل می‌شود. این پپتید ۴۹ اسیدآمینه‌ای دارای سه ریشه اسیدآمینه گاماکربوکسی‌گلوتامیک‌اسید می‌باشد. استئوکلسین یک پروتئین وابسته به ویتامین K بوده و تنها در بافت استخوان و توسط استئوبلاست تولید می‌گردد. به‌نظر می‌رسد که این پروتئین استخوانی در معدنی شدن استخوان نقش دارد و تحت تاثیر هورمون‌های تنظیم کننده کلسیم از قبیل کلسی‌تونین، هورمون پاراتورمون و ویتامین D است (۸). با توجه به اینکه سطح استئوکلسین به طور مستقیم روند بازگردشی استخوان را منعکس می‌نماید، اندازه‌گیری آن شدیداً با وضعیت واقعی متابولیسم استخوان ارتباط داشته و جنبه‌های گوناگون عملکرد استئوبلاست‌ها و ساخت استخوان را منعکس می‌کند (۸). نتایج مطالعات محدودی که بر روی مارکر سرمی استئوکلسین، انجام گرفته است به صورت ناهمگون گزارش شده است. از جمله در مطالعه‌ای Nayoung و همکاران، نشان دادند که سطوح استئوکلسین پس از انجام ۱۲ هفته تمرین هوازی به شکل معناداری در زنان سالمند مبتلا به استئوپروز افزایش یافت (۹). همچنین در مطالعه مشابه دیگری Alghadir و همکاران، نشان دادند که ۱۲ هفته تمرین هوازی با شدت متوسط می‌تواند باعث کاهش معنادار استئوکلسین سرم در بزرگسالان شود (۱۰). این در حالی بود که Zilaei-Bouri و همکاران در تحقیقی که بر روی دختران چاق و دارای اضافه وزن انجام داد نتیجه گرفتند که هشت هفته تمرین هوازی تناوبی و تداومی باعث کاهش معنی‌دار استئوکلسین در این افراد شد (۱۱). هورمون پاراتورمون، هورمونی پلی‌پپتیدی و تک زنجیره‌ای است که از ۸۴ اسیدآمینه تشکیل شده است و از جمله هورمون‌های منحصر به فردی است که در تحریک تشکیل و جذب استخوان، نقش اصلی را ایفا می‌کند. عملکرد فیزیولوژیکی عمده این هورمون، هموستاز فسفات غیر آلی 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 (کلسی تریول) است (۱۲). پاراتورمون در استخوان، استئوبلاست‌ها را به‌طور مستقیم و استئوکلاست‌ها را به طور غیرمستقیم تحریک می‌کند. این هورمون داری اثرات دوگانه‌ای روی متابولیزم استخوان است؛ سطوح بالای

www.SID.ir

Archive of SID

آن در حالت پایه، مانند وضعیت هایپرپاراتیروئیدی، اثرات کاتابولیک و سطوح متوسط آن اثرات آنابولیک روی استخوان دارد (۱۲). در مطالعه‌ای Tartibian و همکاران گزارش کردند که ۹ هفته تمرین هوازی سبب افزایش معنی‌دار غلظت‌های پاراتورمون در زنان جوان می‌شود (۱۳). در مطالعه دیگری که Fadwa و همکاران، بر روی مردان دیابتی انجام دادند، کاهش معنی‌دار پاراتورمون را در دو گروه تمرینات هوازی و گروه تمرینات مقاومتی بعد از شش ماه از انجام این تمرینات گزارش کردند (۱۴). در حالی که گزینه‌های دارویی برای پیشگیری و درمان پوکی استخوان در دسترس است اما استفاده بلندمدت از این داروها، به دلیل عوارض جانبی دارای محدودیت است. از این رو محققان به دنبال استراتژی‌های غیردارویی برای پیشگیری و درمان پوکی استخوان هستند تا جایگزین روش‌های دارویی شوند. از این‌رو در سال‌های اخیر استفاده از ورزش درمانی به عنوان یک مدل قابل دسترس و بدون عوارض جانبی برای درمان یا پیشگیری از بروز پوکی استخوان مورد توجه بسیاری از پژوهشگران بوده است (۱۱). تمرینات و ورزش‌های آبی به طور گسترده با اجرای حرکات ریتمیک تحت عناوینی چون "تمرینات هوازی در آب" و "دویدن در آب" به عنوان یک روش تمرینی با هدف توسعه سلامت و آمادگی جسمانی بین افراد عادی، به‌خصوص قشر میانسال عمومیت یافته است. به‌طور کلی از میان انواع ورزش‌ها تاثیر ورزش‌های آبی بر مارکرهای تشکیل استخوان و تراکم استخوانی کمتر مورد بررسی قرار گرفته است (۱۵). یافته‌های مطالعات نشان داده‌اند که هنگام فعالیت در آب گروه‌های عضلانی بیشتری برای غلبه بر مقاومت آب به کار گرفته می‌شود و این می‌تواند در افزایش فشار دینامیک روی استخوان‌ها و عضلات مفید باشد. به‌طوری که تمرین در آب باعث تحریک عصبی و جریان خون به استخوان‌ها می‌شود. که این به نوبه خود، جریان‌های مواد مغذی را روانه سلول‌های استخوانی می‌کند که باعث افزایش محتوای کلاژن و در نهایت تحریک سلول‌های استخوان‌ساز می‌شود. همچنین تمرین در آب می‌تواند موجب افزایش مصرف انرژی شود که در درازمدت می‌تواند باعث کاهش وزن و کم شدن فشار بر روی استخوان‌ها و مفاصل افراد چاق شود (۱۶). به‌علاوه در این شیوه از تمرینات، اندام فوقانی و تحتانی به‌طور همزمان در دامنه کامل حرکتی با حداقل استرس وارده بر مفاصل و بافت‌های نرم فعال می‌شوند و به دلیل خواص فیزیکی دیگر مانند چسبندگی و فشار هیدرواستاتیک آب، محیط آب می‌تواند اغلب اهداف جسمانی مفروض در برنامه‌های بازتوانی را واقعیت بخشیده، به سالمندان اجازه دهد تا در یک محیط بدون درد، تمرین یا فعالیت بدنی انجام دهند (۱۷). بنابراین با توجه به تحقیقات محدود انجام گرفته به ویژه با انجام تمرینات هوازی در آب، بر روی مارکرهای تشکیل استخوان و همچنین نتایج متناقض این تحقیقات، محقق بر آن شد تا تاثیر یک دوره تمرین هوازی در آب را بر شاخص‌های تشکیل و متراکم کننده استخوان در مردان میانسال دارای اضافه وزن به عرصه اجرا گذارد تا علاوه بر ارائه تمرینات بهینه با شدت و مدت مناسب به‌عنوان یکی از مناسب‌ترین و کم خطرترین رویکردهای درمانی برای حداکثر پاسخ استخوان‌سازی در این افراد، کمکی با هدف پیشگیری از بروز پوکی استخوان یا حفظ و تعدیل تراکم استخوانی در دوران سالمندی و عوارض ثانویهٔ آن باشد.

روش کار

مطالعه حاضر از نوع نیمه‌تجربی به صورت پیش‌آزمون-پس‌آزمون بود. جامعه آماری این پژوهش را کلیه مردان میانسال دارای اضافه وزن و کم تحرک با دامنه سنی ۴۵ تا ۵۵ سالهٔ شهرستان ارومیه تشکیل دادند. طی فراخوان به عمل آمده، ۷۰ نفر جهت شرکت در پژوهش اعلام آمادگی کردند که از میان آن‌ها، تعداد ۲۴ آزمودنی واجد شرایط که سابقه هیچ گونه فعالیت ورزشی منظم طی دو سال قبل نداشتند به‌صورت داوطلب به‌عنوان نمونه‌های این پژوهش انتخاب گردیدند. وضعیت سلامت و سطح فعالیت بدنی آزمودنی‌ها با تشخیص پزشک متخصص و پرسش‌نامه عمومی فعالیت بدنی (GPPAQ) مشخص شد. همچنین قبل از اجرای پروتکل پژوهش معاینات لازم از همه آزمودنی‌ها زیر نظر پزشک متخصص انجام و مشخص شد که شرکت کنندگان فاقد هرگونه علایم ظاهری و بالینی بیماری‌های قلبی عروقی، دیابت، پرفشار خونی و اختلالات هورمونی اثرگذار بر متابولیسم استخوانی بودند و بنابراین طبق نظر پزشک متخصص مجوز ورد به پژوهش را پیدا کردند. شایان ذکر است برخی نکات از جمله عدم مصرف الکل، نوشابه و سیگار، ویتامین D و K، کلسیم و فسفر مورد تأکید قرار گرفت و اینکه در طول دوره مطالعه در برنامه غذایی خود تغییری نداده و هیچ دارویی (خصوصاً داروهای اثرگذار بر تراکم استخوان) را بدون اطلاع پزشک مصرف ننمایند. داده‌های لازم در زمینه‌ی کنترل تغذیه و دریافت غذایی آزمودنی‌ها، با استفاده از یادآمد ۲۴ ساعته‌ی خوراک (جهت تعیین میانگین مواد مغذی دریافتی) آن‌ها به دست آمد؛ بدین صورت که از تمامی افراد خواسته شد تمام خوردنی‌ها و آشامیدنی‌هایی را که در طی ۲۴ ساعت گذشته مصرف کرده بودند، ذکر کنند. به منظور کمک به افراد برای یادآوری دقیق‌تر مقادیر مواد غذایی خورده شده، از ظروف و پیمانه‌های خانگی استفاده شد. این پرسش‌نامه برای هر یک از آزمودنی‌ها در ۱۶ نوبت غیرمتوالی (هفته‌ای دو بار در طول هشت هفته) تکمیل شد. مقادیر ذکر شده‌ی غذاها با استفاده از راهنمای مقیاس‌های خانگی به گرم تبدیل شدند. سپس هر غذا طبق دستورالعمل برنامه‌ی نرم افزار کامپیوتری پردازش غذا (Food Processor 2) کدگذاری شد و

www.SID.ir

Archive of SID

جهت ارزیابی انرژی و مواد مغذی آن‌ها؛ توسط کارشناس تغذیه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (۱۸) (جدول ۳). میزان توان هوازی و ترکیب بدنی آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه‌های تردمیل (TechnoGym S.p.A, Class: RUNRACE 1400HC, Italy) و آنالیز ترکیب بدن با دستگاه بادی کامپوزیشن ساخت کشور کره جنوبی (InBody 720) ثبت شد. نمایه توده بدنی آزمودنی‌ها (BMI) در دامنه بین ۳۰-۲۵ kg/m^2 بود و بنابراین دارای اضافه وزن بودند. پس از اخذ رضایت‌نامه آگاهانه، آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به دو گروه تجربی (۱۲ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) تقسیم شدند؛ به‌طوری که هر یک از آزمودنی‌ها شانس برابر برای قرار گرفتن در گروه‌ها را داشتند. در پژوهش حاضر تمامی مراحل تمرینی برای گروه تجربی در استخر و در منطقه‌ی کم عمق آب انجام گرفت. هر جلسه تمرین در آب سه مرحله داشت: مرحله اول، تطابق با محیط آب و گرم کردن (۱۵ دقیقه) شامل حرکات کششی در تمامی مفاصل و گروه‌های عمده عضلانی، راه رفتن به جلو، عقب، طرفین، روی پاشنه و پنجه و جاگینگ در آب بود. مرحله دوم، مرحله انجام تمرینات (۳۰ دقیقه) شامل انتقال وزن از جلو به عقب، راه رفتن سریع در آب، راه رفتن به پهلو، تقلید حرکت شوت توپ فوتبال، تقلید پرتاب توپ با دست از مقابل بدن، دور و نزدیک کردن پاها و دست‌ها از محور میانی بدن در حالت ایستاده و اسکات بود. مرحله سوم، انجام حرکات کششی، تنفس عمیق و تمرینات شناوری (۱۵ دقیقه) بود. این تمرینات در استخر سرپوشیده با دمای آب بین ۲۸-۲۶ درجه سانتی‌گراد انجام شد. تعداد جلسات تمرین در سه هفته اول ۳ جلسه در هفته بود که در سه هفته دوم به ۴ جلسه در هفته و در دو هفته سوم به ۵ جلسه در هفته افزایش یافت. در طول دوره تمرینات ضربان قلب از ۴۵ درصد حداکثر ضربان قلب بیشینه شروع و در پایان تمرینات به ۶۵ درصد حداکثر ضربان قلب بیشینه (روش کاروونن) افزایش یافت (۴). همچنین این پروتکل تمرینی با کمک از توصیه‌های ویژه کالج آمریکایی طب ورزشی (ACSM) برای سالمندان و نیز بر اساس اصول علم تمرین اجرا شد (۱۹). جهت کنترل شدت تمرینات ضربان قلب ۳ بار در هر جلسه و به ترتیب، قبل و بعد از تمرینات ایروبیک و یک بار نیز در زمان سرد کردن با استفاده از ضربان‌سنج پلار ساخت کشور فنلاند اندازه‌گیری می‌شد. شایان ذکر است که تمامی مراحل تمرینی در استخر مردان مجموعه ورزشی شهید رجایی واقع در شهر ارومیه انجام گرفت. جهت تجزیه و تحلیل متغیرهای استئوکلسین و پاراتورمون سرم، از دست چپ آزمودنی‌ها پس از ۱۲ ساعت ناشتایی در مراحل پیش‌آزمون (ابتدای پژوهش) و پس‌آزمون (۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین) در شرایط آزمایشگاهی مقدار ۱۰ میلی‌لیتر خون از سیاهرگ بازویی هر فرد گرفته و بلافاصله نمونه خونی درون لوله‌های ضد انعقاد محتوی (EDTA) ریخته شد. پس از جمع‌آوری نمونه‌ها، سانتریفوژ شدند و برای اندازه‌گیری فاکتورهای خونی، در منفی ۸۰ درجه سانتی‌گراد برای آنالیزهای بعدی نگهداری شدند. سطح سرمی استئوکلسین با استفاده از کیت (ZellBio GmbH ,Germany-catalog number: KAQ 1381) با حساسیت ۰/۴ نانو گرم بر میلی‌لیتر و سطح پاراتورمون با استفاده از کیت (ZellBio GmbH -catalog number: MBS702121, Germany) با حساسیت ۱.۵۶ پیکوگرم بر میلی‌لیتر، به روش الایزا (مدل دستگاه الایزا AWARNESS STAT FAX 3200) همسو با دستور کیت در آزمایشگاه مرکز پزشکی جهاد دانشگاهی تبریز اندازه‌گیری شدند. همچنین اندازه‌گیری تراکم استخوانی مهره‌های کمر، گردن استخوان ران و ساعد به روش پرتونگاری با حداکثر میزان اشعهٔ ۳ M REM و با استفاده از دستگاه DEXA در مرکز سنجش تراکم و تشخیص پوکی استخوان بیمارستان شیخ الرئیس تبریز انجام شد. در راستای تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها استفاده شد که فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از این آزمون تایید شد. سپس برای اطمینان از همسان بودن دو گروه کنترل و تجربی قبل از شروع دوره تمرینی، میانگین متغیرهای تن‌سنجی دو گروه در مرحله پیش از مداخله، با استفاده از آزمون t مستقل مقایسه شد. پس از سپری شدن دوره تمرینی از آزمون t همبسته برای مقایسه نتایج درون‌گروهی، و از آزمون t مستقل برای بررسی نتایج بین‌گروهی استفاده شد. شایان ذکر است که تمامی آنالیزهای آماری به وسیله نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ و در سطح معناداری پنج درصد انجام گرفت.

یافته‌ها

در ابتدا فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها توسط آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی و تایید شد. همچنین برای اطمینان بیشتر از فرض همسان بودن میانگین‌های دو گروه در شروع دوره تمرین، از آزمون t مستقل استفاده شد که نتایج این آزمون نشان داد در هیچ یک از متغیرهای تن‌سنجی شامل سن (p=۰/۳۶۴)، قد (p=۰/۲۸۲)، وزن (p=۰/۶۲۹)، درصد چربی بدن (p=۰/۸۰۲)، شاخص توده بدن (p=۰/۴۲۴)، دور کمر (p=۰/۷۴۳) و نسبت دور کمر به لگن (p=۰/۵۵۹) تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱). از سوی دیگر نتایج آزمون آماری t همبسته نشان داد که از میان متغیرهای تن‌سنجی، متغیرهای وزن (p=۰/۰۰۱)، دور کمر (p=۰/۰۳۳)، نسبت دور کمر به باسن (p=۰/۰۱۷) و شاخص توده بدن (p=۰/۰۲۸)، در مرحله پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون در گروه تجربی به طور معناداری کاهش یافتند. این در حالی بود که در گروه کنترل یک افزایش خفیف در این متغیرها در مرحله پس‌آزمون دیده شد اما این افزایش به لحاظ آماری به سطح معنی‌داری نرسید (جدول ۱).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: میانگین، انحراف معیار و نتایج آزمون t مستقل برای بررسی فرض همسان بودن دو گروه در شروع دوره تمرین

متغیر	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	آزمون لون برای تعیین همگنی واریانس داده‌های پیش‌آزمون سطح معناداری	آزمون t مستقل برای تعیین برابری داده‌های پیش‌آزمون سطح معناداری
سن (سال)	کنترل	۵۲/۶۵±۵/۴۲	–	۰/۸۱۷	۰/۳۶۴
	تجربی	۵۱/۱۸±۵/۸۴	–		
قد (سانتی‌متر)	کنترل	۱۷۲/۰۶±۵/۳۲	–	۰/۴۱۴	۰/۲۸۲
	تجربی	۱۷۳/۵۶±۴/۲۵	–		
وزن (کیلوگرم)	کنترل	۸۶/۲۱±۴/۴۲	۸۷/۱۱±۳/۸۷	۰/۱۲۶	۰/۶۲۹
	تجربی	۸۸/۴۵±۳/۲۳	۸۵/۵۴±۴/۷۲#		
دور کمر (سانتی‌متر)	کنترل	۹۸/۰۹±۷/۱۱	۹۹/۸۷±۸/۵۲	۰/۲۱۶	۰/۷۴۳
	تجربی	۱۰۱/۱۲±۶/۱۷	۹۶/۱۸±۷/۳۴#		
نسبت دور کمر به لگن	کنترل	۰/۹۵±۰/۰۷	۰/۹۵±۰/۵۲	۰/۷۹۱	۰/۵۵۹
	تجربی	۰/۹۶±۰/۲۴	۰/۹۳±۰/۹۹#		
درصد چربی بدن (٪)	کنترل	۲۸/۰۲±۳/۴۴	۲۸/۹۸±۴/۱۴	۰/۶۸۶	۰/۸۰۲
	تجربی	۲۹/۲۹±۴/۸۴	۲۷/۲۶±۳/۸۲		
شاخص توده بدن (وزن/ مجذور قد)	کنترل	۲۸/۱۲±۲/۶۱	۲۹/۶۸±۴/۱۴	۰/۹۹۸	۰/۴۲۴
	تجربی	۲۹/۴۱±۲/۸۷	۲۸/۲۸±۳/۱۲#		

مقادیر به شکل انحراف معیار±میانگین بیان شده است. #معناداری نسبت به مقادیر پیش‌آزمون در هر گروه با استفاده از آزمون آماری t همبسته (p <۰/۰۵).

از سوی دیگر نتایج آزمون آماری t همبسته در جدول ۲ نشان داد که در گروه کنترل، بین میانگین‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هیچ یک از متغیرهای اصلی پژوهش تفاوت معنادار وجود نداشت (p>۰/۰۵)؛ این در حالی بود که در گروه تجربی بین میانگین‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون در متغیرهای استئوکلسین (p=۰/۰۳۸)، پاراتورمون (p=۰/۰۱۸) و تراکم استخوانی گردن ران (p=۰/۰۴۱) اختلاف معناداری دیده شد (جدول ۲) (p< ۰/۰۵). به این معنا که مقادیر میانگین پس‌آزمون این شاخص‌ها بعد از اتمام دوره تمرینات نسبت به ابتدای تمرینات افزایش معناداری را نشان داد. از سوی دیگر در گروه تجربی، مقادیر تراکم استخوانی مهره‌های کمری (p=۰/۰۹۹) و تراکم استخوانی سرساعد (p=۰/۲۸۲) در پایان تمرینات نسبت به ابتدای تمرینات افزایش نشان دادند اما این افزایش به لحاظ آماری به سطح معناداری نرسید (p>۰/۰۵) (جدول ۲). همچنین نتایج آزمون آماری t مستقل در جدول ۲ نشان داد بعد از اتمام دوره تمرینات تفاوت میانگین‌های گروه تجربی و کنترل در متغیرهای استئوکلسین (p=۰/۰۰۵)، پاراتورمون (p=۰/۰۰۰) و تراکم استخوانی گردن ران (p=۰/۰۲۳) معنادار بود (p<۰/۰۵)؛ اما تفاوت میانگین‌های دو گروه در بقیه متغیرها معنادار نبود (p> ۰/۰۵).

از سوی دیگر نتایج تحلیل پردازش غذای مصرفی نیز نشان داد که در طول اجرای مطالعه در هیچ کدام از درشت مغذی‌ها، مواد معدنی و ویتامین‌های مصرفی بین آزمودنی‌های گروه کنترل و تجربی اختلاف معناداری وجود نداشت (جدول ۳).

جدول ۲: تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی مارکرهای سرمی ساخت استخوان و تراکم استخوانی در گروه‌های تجربی و کنترل

متغیر	گروه	مرحله		تغییرات درون‌گروهی		تغییرات بین‌گروهی
		پیش آزمون	پس آزمون	ارزش p	میانگین تغییرات	ارزش p
استئوکلسین (نانوگرم در میلی‌لیتر)	تجربی	۱۱/۲۰±۴/۴۲	۱۵/۶۶±۳/۱۵	*۰/۰۳۸	۳/۹۵±۰/۳۳	**۰/۰۰۵
	کنترل	۱۱/۰۸±۳/۰۹	۱۱/۵۹±۴/۷۱	۰/۴۸۲		
پاراتورمون (پیکومول در لیتر)	تجربی	۲۹/۰۵±۴/۸۱	۳۲/۷۸±۳/۰۹	*۰/۰۱۸	۲/۴۵±۰/۶۶	**۰/۰۰۰
	کنترل	۲۸/۰۲±۳/۱۲	۲۸/۹۴±۴/۱۸	۰/۲۳۷		
تراکم استخوانی گردن ران (گرم در سانتی‌متر مربع)	تجربی	۰/۹۳۸±۰/۰۱۴	۱/۰۹۴±۰/۰۸۳	*۰/۰۴۱	۰/۱۴۵±۰/۰۵۵	**۰/۰۲۳
	کنترل	۰/۸۴۱±۰/۰۲۲	۰/۸۵۲±۰/۰۰۸	۰/۶۶۳		
تراکم استخوانی مهره‌های کمری (گرم در سانتی‌متر مربع)	تجربی	۰/۸۹۴±۰/۰۰۶	۰/۹۳۵±۰/۰۲۳	۰/۰۹۹	۰/۰۳۲±۰/۰۱۸	۰/۱۷۵
	کنترل	۰/۸۹۹±۰/۰۸۹	۰/۹۰۸±۰/۰۵۴	۰/۳۹۷		
تراکم استخوانی سرساعد (گرم در سانتی‌متر مربع)	تجربی	۰/۶۲۶±۰/۰۰۹	۰/۶۵۱±۰/۰۴۲	۰/۲۸۲	۰/۰۱۸±۰/۰۴۰	۰/۳۵۱
	کنترل	۰/۵۹۹±۰/۰۷۵	۰/۶۰۶±۰/۰۰۲	۰/۶۶۱		

*سطح معنادای پذیرفته شده p<۰/۰۵ برای تغییرات درون‌گروهی با آزمون تی وابسته و **سطح معناداری پذیرفته شده p<۰/۰۵ برای تغییرات بین‌گروهی با آزمون تی مستقل

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳: مقایسه‌ی میانگین میزان دریافت انرژی و مواد مغذی در گروه‌های تجربی و کنترل

ماده مغذی	میزان دریافت		سطح معناداری
	گروه تجربی	گروه کنترل	
انرژی (کالری/ روز)	۱۹۶۴/۲۲±۵۴۲/۷۱	۱۹۲۲/۰۸±۵۷۱/۱۲	۰/۷۳
پروتئین (گرم/ روز)	۵۱/۷۲±۲۱/۳۶	۴۹/۱۸±۲۳/۱۲	۰/۴۱
کربوهیدرات (گرم/ روز)	۲۲۴/۱۱±۸۲/۵۴	۲۳۲/۹۸±۷۴/۶۹	۰/۰۹
فیبر (گرم/ روز)	۱۷/۸۲±۹/۲۱	۱۵/۲۱±۱۰/۴۲	۰/۱۲
چربی (گرم/ روز)	۲۹/۰۸±۱۹/۸۵	۳۱/۱۴±۲۲/۷۱	۰/۳۸
کلسترول (میلی‌گرم/ روز)	۸۸/۷۳±۵۷/۰۹	۹۲/۱۴±۶۰/۱۲	۰/۲۴
کلسیم (میلی‌گرم/ روز)	۳۳۹/۱۲±۲۱۴/۸۱	۳۲۹/۱۷±۲۲۵/۰۹	۰/۸۱
ویتامین **C** (میلی‌گرم/ روز)	۶۶/۵۷±۲۱/۱۶	۶۲/۴۰±۲۲/۰۱	۰/۱۳
ویتامین **E** (میلی‌گرم/ روز)	۴/۰۱±۲/۱۸	۳/۸۴±۲/۰۶	۰/۲۹
سلنیوم (میکروگرم / روز)	۵۵/۲۴±۱۸/۱۱	۵۷/۱۲±۲۰/۰۶	۰/۸۶
ویتامین **D** (میکروگرم / روز)	۰/۸۶±۱/۲	۰/۸۸±۱/۱	۰/۴۱

پردازش توسط نرم‌افزار *FP2* و *SPSS*؛ آزمون آماری t مستقل؛ (مقادیر به شکل انحراف معیار±میانگین بیان شده است).

بحث

هدف مطالعه حاضر، تاثیر هشت هفته تمرین هوازی منتخب در آب بر مارکرهای سرمی تشکیل استخوان و تراکم استخوانی در مردان میانسال دارای اضافه وزن بود. نتایج نشان داد که هشت هفته تمرین منتخب هوازی در آب باعث کاهش معنادار متغیرهای وزن، دور کمر، نسبت دور کمر به لگن و شاخص توده بدن در گروه تجربی در مرحله پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون شد. ارتباط بین چاقی و پوکی استخوان به طور وسیعی مطالعه شده است و تصور عموم این بود که افراد چاق توده استخوانی بیشتری نسبت به افراد لاغر یا افراد با وزن طبیعی دارند و مدارک اپیدمیولوژیک نشان داده‌اند که چاقی موجب افزایش توده استخوانی می‌شود، اما مطالعات قبلی هیچ کنترلی از اثر فشار غیر مؤثر وزن اضافی بر توده استخوانی نداشته‌اند. اندام‌ها و استخوان‌های افراد چاق در برابر وزن اضافی به‌ویژه وزن اضافی نواحی مرکزی مانند چاقی شکم صدمات زیادی را متحمل می‌شوند و مشاهده شده که وزن اضافی سبب ترک خوردن و شکستگی استخوان‌های ران و لگن خاصره در افراد چاق گردیده است، زیرا افراد چاق به جای بافت عضلانی که عامل تعیین کننده مقدار توده استخوانی و عامل تعیین‌کننده وضعیت استخوان در اثر فشارهای مکانیکی می‌باشد، دارای توده چربی اضافی هستند که این عامل بسان بار اضافی غیر مؤثر، موجب فرسودگی و شکسته‌شدن استخوان‌های اندام‌های تحتانی در افراد چاق می‌شود که این نیز به علت ستز چربی بالا در افراد چاق و مانع شدن از ساخت استئوبلاست‌ها (سلول‌های استخوان‌ساز)، شکل‌گیری و معدنی شدن استخوان‌های جدید در آن‌ها می‌باشد (۲۰،۶). یکی دیگر از یافته‌های مهم و اصلی مطالعه حاضر، افزایش معنادار سرمی استئوکلسین، پاراتورمون و تراکم استخوانی گردن ران در گروه تجربی در مرحله پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون بود. همچنین نتایج آزمون آماری تی مستقل نشان داد که بعد از اتمام دوره تمرینات تفاوت میانگین‌های گروه تجربی و کنترل در این متغیرها معنادار بود. به این معنا که مقادیر میانگین این شاخص‌ها بعد از اتمام دوره تمرینات در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری را نشان داد. از سوی دیگر نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تمرینات منتخب هوازی در آب به مدت هشت هفته تاثیر معنی‌داری بر تراکم استخوانی مهره‌های کمر و استخوان سر ساعد نداشت و تنها موجب افزایش جزئی تراکم استخوان این نواحی در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل گردید. اکثر مطالعات اثرات فعالیت بدنی بر استخوان را با تغییرات BMD بررسی نموده‌اند، این در حالی است که نشانگرهای بیوشیمیایی استخوان، همچون استئوکلسین و پاراتورمون در تعیین تغییرات متابولیسم استخوان حساسیت بیشتری دارند و این امکان را فراهم می‌سازند که تغییرات استخوانی در پاسخ به فشارهای مکانیکی مورد ارزیابی قرار گیرد (۹،۱۳). نتایج حاصل از مطالعه حاضر با نتایج مطالعات Ghorbanian و همکاران و Kim و همکاران هم‌خوانی دارد. Ghorbanian و همکاران به بررسی تاثیر ۱۰ هفته فعالیت ورزشی هوازی بر شاخص‌های استخوانی و گلیسمیک در زنان یائسه دیابتی پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که این تمرینات باعث افزایش معنادار استئوکلسین بعد از ۱۰ هفته از انجام تمرینات در گروه تجربی شد که از این نظر با یافته‌های نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد (۲۱). همچنین مطالعه Kim و همکاران که به بررسی تاثیر ۸ هفته تمرین ورزشی هوازی بر استئوکلسین سرم، آدیپوسایتوکاین‌ها و مقاومت انسولینی در مردان جوان چاق پرداختند نشان داد که در پایان تمرینات سطوح استئوکلسین سرم در گروه تجربی به صورت معناداری افزایش پیدا کرد (۲۲). این در حالی بود که افزایش معنادار استئوکلسین در این مطالعه پس از پایان تمرینات با نتایج مطالعات Zilaei-Bouri و

www.SID.ir

Archive of SID

همکاران و Kitareewan و همکاران هم‌خوانی ندارد. Zilaei-Bouri و همکاران در مطالعه‌ای با هدف بررسی تاثیر فعالیت بدنی بر برخی آدیپوسایتوکاین‌ها و شاخص‌های بیوشیمیایی استخوان در زنان جوان چاق و دارای اضافه وزن به این نتیجه دست یافتند که میزان استئوکلسین بعد از انجام هشت هفته از تمرینات به شکل معناداری کاهش یافت که از این نظر با یافته‌های مطالعه حاضر هم‌خوانی ندارد (۱۱). همچنین Kitareewan و همکاران کاهش معنادار سطوح استئوکلسین سرم را بعد از انجام سه ماه تمرینات پیاده‌روی بر روی تردمیل با شدت ۵۰ درصد ضربان قلب ذخیره فرد در دو گروه از زنان پیش از یائسگی و بعد از یائسگی گزارش کردند (۲۳) که کاهش معنادار استئوکلسین در این مطالعه با یافته‌ای مطالعه حاضر هم‌خوانی ندارد. به طور کلی یافته‌های ضد و نقیض مطالعه‌هایی که به بررسی اثرات تمرینات ورزشی بر متابولیسم استخوان پرداخته‌اند نشان می‌دهد که عوامل متعددی مانند نوع فعالیت ورزشی، سن و جنس آزمودنی‌ها ممکن است پاسخ شاخص‌های متابولیسم استخوان به تمرینات را تحت تاثیر قرار دهند (۲۳). علاوه بر این به‌نظر می‌رسد عوامل دیگر مانند ویژگی‌های ژنتیکی، تغذیه و وضعیت هورمونی آزمودنی‌ها اثرات فعالیت‌های ورزشی بر بافت اسکلتی را میانجی نماید (۱۳). به نظر می‌رسد یکی از سازوکارهای اصلی که از طریق آن تمرین باعث افزایش سطوح استئوکلسین می‌شود یکی به فعالیت بیشتر سلول‌های استخوانی و پاسخ به فشارهای مکانیکی ناشی از ورزش می‌باشد که منجر به ترشح بیشتر استئوکلسین به وسیله سلول‌های مذکور می‌شود و دومی به بر هم خوردن هموستاز متابولیسم انرژی در هنگام فعالیت بدنی در بدن مربوط می‌شود. از سوی دیگر استئوکلسین به عنوان یک هورمون درگیر در تنظیم متابولیسم انرژی مورد توجه قرار گرفته است. مطالعه‌های اخیر نشان داده‌اند که استئوکلسین نه تنها در متابولیسم استخوان، بلکه در متابولیسم چربی و گلوکز نیز دخالت دارد، بنابراین ممکن است پاسخ استئوکلسین به تمرینات ورزشی تا اندازه ای تحت تاثیر تغییرات متابولیسم انرژی به‌ویژه متابولیسم گلوکز و چربی قرار گیرد (۲۲). همچنین از آن‌جایی که اخیراً از استخوان به عنوان یک بافت متابولیکی فعال یاد می‌شود در هنگام فعالیت بدنی سیگنال‌های ناشی از تغییرات انسولین و گلوکز منجر به فعالیت بیشتر سلول‌های استخوانی و تحریک ترشح استئوکلسین می‌شود (۹). در مطالعه حاضر، سطح هورمون پاراتورمون در گروه تجربی در اثر تمرین به طور معناداری افزایش یافت. این یافته با نتایج مطالعه Bagheri و همکاران که نشان دادند ۸ هفته تمرینات هوازی منتخب در زنان یائسه باعث افزایش معنادار پاراتورمون سرم می‌شود همسو می‌باشد (۲۴). همچنین افزایش پاراتورمون در مطالعه حاضر با یافته‌های مطالعه Behestani و همکاران هم‌خوانی دارد. آن‌ها در تحقیقی به بررسی تاثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی در آب بر تراکم استخوانی در زنان چاق یائسه پرداختند که نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که این تمرینات می‌تواند باعث افزایش سطوح پاراتورمون در گروه تجربی بعد از اتمام تمرینات شود که از این نظر با یافته مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد (۲۵). این در حالی است که افزایش پاراتورمون در مطالعه حاضر با یافته‌های مطالعه Bijeh و همکاران هم‌خوانی نداشت. آن‌ها در مطالعه خویش به بررسی تاثیر ۶ ماه تمرین ورزشی هوازی بر نشانگرهای متابولیزم استخوان پرداختند که نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد این تمرینات نتوانست باعث تغییر معنی‌دار در سطوح پاراتورمون شود که از این نظر با یافته‌های مطالعه حاضر هم‌خوانی ندارد (۲۶). تناقض در نتایج تحقیقات مختلف را می‌توان به تفاوت در نوع، شدت، مدت و تکرار فعالیت (۱۳،۲۲)، همچنین میزان آمادگی بدنی و سنین متفاوت افراد نسبت داد (۱۱). یکی از سازوکارهای افزایش پاراتورمون سرم متعاقب فعالیت بدنی به رابطه بازخورد قوی بین غلظت‌های پاراتورمون و کلسیم سرم نسبت داده شده است، به این صورت که تغییر در هر یک سبب تغییرات متقابل در دیگری می‌شود. غلظت کلسیم خارج سلولی، ترشح هورمون پاراتیروئید را تنظیم می‌کند، به گونه‌ای که افت غلظت کلسیم یونیزه سبب آزاد شدن سریع پاراتورمون از قاعده سلول‌های پاراتیروئید می‌شود (۱۱،۱۲). سازوکار پیشنهاد شده برای افت سطوح کلسیم یونیزه سرم و به طور متقابل افزایش پاراتورمون در اثر تمرین شامل افزایش دفع کلسیم از طریق عرق کردن، افزایش غلظت فسفر رها شده از آدنوزین‌تری‌فسفات و کراتین‌فسفات عضله که با یون آزاد کلسیم باند می‌شود و همچنین افزایش سطوح اسیدهای چرب آزاد در اثر تمرین و باند شدن آن‌ها با یون آزاد کلسیم است (۱۱). مکانیزم دیگر افزایش پاراتورمون متعاقب فعالیت بدنی به متابولیک اسیدی نسبت داده شده است، به‌طوری که گزارش کرده‌اند سوخت و ساز اسیدی، دفع اداری کلسیم را، با کاهش بازجذب کلیوی کلسیم افزایش می‌دهد (۱۱،۲۷). به علاوه گزارش شده است که اسیدوز اثر مستقیم بر افزایش ترشح پاراتورمون دارد که مستقل از سطح یون‌های کلسیم است. همچنین تمرین با آزاد سازی کاتکولامین‌ها سبب تحریک ترشح پاراتورمون مستقل از سطوح کلسیم (حتی با وجود هایپرکلسیمی) می‌شود (۱۳). از سوی دیگر محقق در بررسی نتایج مطالعه حاضر با نتایج دیگر مطالعات انجام گرفته در زمینه تاثیر تمرینات هوازی در آب بر تراکم گردن استخوان ران، مهره‌های کمری و سر ساعد، به نتایج متفاوتی از نظر همسو بودن و غیرهمسو بودن دست یافت. از جمله در مطالعه‌ای Kelley و همکاران، نشان دادند که انجام فعالیت ورزشی به مدت ۶ ماه به صورت مداوم موجب افزایش معنادار تراکم استخوان ران در مردان می‌شود در حالی که با وجود افزایش و بهبود تراکم استخوانی مهره‌های کمری این افزایش به لحاظ آماری به سطح معناداری نرسید که نتایج این مطالعه با

www.SID.ir

Archive of SID

یافته‌های نتایج مطالعه حاضر همسو می‌باشد (۲۸). توجه به این نکته ضروری است که تعداد جلسات تمرین در هفته و مدت و شدت تمرینات از عوامل اساسی در پاسخ استخوان‌ها به فشارهای مکانیکی یا دینامیکی می‌باشد به‌طوری که انجام ورزش زمانی بر تراکم استخوان در نواحی مختلف بدن مؤثر می‌باشد که بتواند موجب افزایش بار مکانیکی یا فشار دینامیکی در آن ناحیه از بدن گردد (۲۹). در پژوهش حاضر شدت دوره تمرینی به صورت فزاینده افزایش یافت و تعداد جلسات تمرینی از ۳ جلسه در هفته در اوایل تمرینات به ۵ جلسه در هفته در اواخر تمرینات افزایش یافت. بنابراین به نظر می‌رسد در مطالعه حاضر شدت و بار تمرین در حداقل مقدار مؤثر قرار داشته است که بتواند موجب بهبود تراکم استخوانی در استخوان ران گردد. در زمینه تغییرات غیرمعنادار استخوان‌های کمر و ساعد با انجام ۸ هفته تمرینات هوازی در آب در مطالعه حاضر، باید توجه کرد که استخوان‌های مختلف، تفاوت زیادی در پاسخ‌های تشکیل یا بازسازی استخوانی به فشار مکانیکی یا دینامیکی دارند، به‌طوری که میزان تشکیل استخوان در استخوان‌های کورتیکال نظیر استخوان ران بیشتر است در حالی که در استخوان‌های بی‌شکل مانند مهره‌های کمر و ساعد این میزان با سرعت کمتری دنبال می‌شود (۳۰). به علاوه نتایج پژوهشی نشان می‌دهند که پاسخ استخوان‌های دارای مغز همچون استخوان ران به فشارهای مکانیکی یا دینامیکی بیش از استخوان‌های بی‌شکل همچون کمر و ساعد می‌باشد از این رو مدت زمان بیشتری نیاز است تا این استخوان‌ها پاسخ مثبتی به فشارهای مکانیکی یا دینامیکی حاصل از ورزش نشان دهند (۳۰). به‌طور کلی سازوکار تأثیر تمرینات در آب بر پیشگیری و درمان پوکی استخوان به این گونه است که فرایند ساخت و بازسازی استخوان‌ها تحت تأثیر هورمون‌های سیستمیک و فشارهای وارده بر نواحی مختلف بدن است. این در حالی است که ورزش‌های آبی بر خلاف سایر ورزش‌ها موجب درگیری هر دو اندام فوقانی و تحتانی با دامنه حرکتی مناسب می‌گردد به همین علت در این نوع فعالیت‌ها مفاصل کمترین فشار را تحمل می‌کنند و در نتیجه تحرک راحت و آسان در آب را برای افرادی فراهم می‌آورد که مشکل حرکت روی زمین دارند. بنابراین آب به عنوان محیطی است که مقاومت لازم را متناسب با نیاز هر فرد بر بدن او وارد می‌کند و از این‌رو موجب فعالیت عضلانی و درگیری گروه‌های عظلانی بزرگ‌تر جهت غلبه بر مقاومت شده و می‌تواند در افزایش فشار مکانیکی روی استخوان‌ها و تحریک فعالیت استئوبلاست‌ها و در نتیجه استخوان‌سازی بسیار مفید باشد (۱۵). همچنین از آنجایی که چگالی آب ۸۰۰ برابر هوا است، بنابراین نیروی مقاوم قابل توجهی در مقایسه با هوا در مقابل حرکت اندام‌ها اعمال می‌شود. این نیروی مقاوم، حین اجرای حرکات ریتمیک اندام فوقانی و تحتانی در آب که تا حدودی شبیه به تمرینات ایزوکینتیک است می‌تواند به عنوان محرکی برای تقویت و تحریک استخوان‌سازی باشد (۲۹). از جمله محدودیت‌های مطالعه حاضر عدم یکسانی جزئیات تمرینی برای همه آزمودنی‌ها، عدم امکان مقایسه پروتکل تمرینی مطالعه حاضر با سایر انواع پروتکل‌های تمرینی، همچنین محدود بودن مطالعه در جنس، سن و حجم نمونه و عدم اندازه‌گیری دیگر مارکرهای ساخت استخوان به دلیل محدودیت‌های مالی و روش شناختی بود.

نتیجه‌گیری

بر طبق نتایج پژوهش حاضر، تمرینات هوازی در آب به عنوان یکی از مناسب‌ترین و کم خطرترین روش‌های تمرینی، جهت پیشگیری از پوکی استخوان و یا حفظ و تعدیل تراکم استخوانی ناشی از افزایش سن در افراد چاق میانسال در نظر گرفته شوند. با این حال پیشنهاد می‌شود برای درک پاسخ فعل و انفعالات استخوان به تمرین و تعیین نوع، شدت و مدت تمرین بهینه برای رسیدن به حداکثر پاسخ استخوان‌سازی، تحقیقات دیگری، با پروتکل‌های تمرینی متفاوت و همزمان استفاده از آزمودنی‌های بیشتر و همچنین اثرات تمرین در آب بر دیگر نشانگرهای تشکیل و بازسازی استخوان مورد بررسی قرار گیرد.

قدردانی

این تحقیق در استخر مردان مجموعه ورزشی شهید رجایی ارومیه انجام شد. بدین‌وسیله نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از عوامل این مجموعه ورزشی و آزمودنی‌های این تحقیق و همچنین مسئولین مرکز سنجش تراکم و تشخیص پوکی استخوان بیمارستان شیخ الرئیس تبریز اعلام می‌دارند.

ملاحظات اخلاقی

با توجه به نوع کار ملاحظات اخلاقی شامل نمی‌شود.

منابع مالی

پژوهش حاضر به صورت مستقل و با هزینه شخصی انجام گرفته است و هیچ‌گونه حمایت مالی از آن نشده است.

منافع متقابل

مولف اظهار می‌دارد که منافع متقابلی از تالیف و یا انتشار این مقاله ندارند.

مشارکت مولفان

ج ط آ، غ غ و همکاران، طراحی اجرا و تحلیل نتایج مطالعه را بر عهده داشتند. همچنین ا ت مقاله را تالیف نموده و نسخه نهایی آن را خوانده و تایید کرده است.

www.SID.ir

Archive of SID

References

1. World Health Organization. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. *World Health Organ Tech Rep Ser* 1994; **843**: 1-129. doi: who.int/iris/handle/10665/39142
2. Watson S L, Weeks B K, Weis L J, Harding A T, Horan S A, Beck B R. High-Intensity resistance and Impact Training Improves Bone Mineral Density and Physical Function in Postmenopausal Women with Osteopenia and Osteoporosis: The LIFTMOR Randomized Controlled Trial. *J Bone Miner Res* 2017; **4**(2): 1-10. doi: 10.1002/jbmr.3284
3. Kanis J A. Diagnosis of osteoporosis and assessment of fracture risk. *Lancet* 2002; **359**(9321): 1929-1936. doi: 10.1016/S0140-6736(02)08761-5
4. Khorsandi J, Shamsi M, Jahani F. The Survey of Practice about Prevention of Osteoporosis Based on Health Belief Model in Pregnant Women in Arak City. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2013; **12**(1): 34-35. doi: 10.18130/V3DS0Z
5. Ahanjideh F, Keshtkar A A, Payab M, Qorbani M, Shaygan N, Ramim T, et al. relationship between abdominal obesity, body mass index, and history of fractures with bony density in thy Iranian population: a national comprehensive plan for the prevention, diagnosis. *Ijdld* 2016; **14**(3): 217-224. doi: 10.1002/jbmr.5650070303
6. Rosen C J, Bouxsin M L. Mechanisms of disease: is osteoporosis the obesity of bone? *Nat Clin Pract Rheumatol* 2006; **2**(1): 35-43. doi: 10.1038/ncprheum0070
7. Marques A, Lucas R, Simões E, Verstappen S M M, Jacobs J W G, da Silva JAP. Do we need bone mineral density to estimate osteoporotic fracture risk? A 10-year prospective multicenter validation study. *RMD Open* 2017; **3**(2): 26-32. doi: 10.1136/rmdopen-2017-000509
8. Ferron M, Hinoi E, Karsenty G, Ducy P. Osteocalcin differentially regulates beta-cell and adipocyte gene expression and affects the development of metabolic diseases in wild-type mice. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2008; **105**(13): 5266-5270. doi: 10.1073/pnas.0711119105
9. Nayoung A, Kijin K. Effects of 12-week exercise training on osteocalcin, high-sensitivity C-reactive protein concentrations, and insulin resistance in elderly females with osteoporosis. *J Phys Ther Sci* 2016; **28**(8): 2227-2231. doi: 10.1589/jpts.28.2227
10. Alghadir A H, Aly F A, Gabr S A. Effect of Moderate Aerobic Training on Bone metabolism Indices among Adult Humans. *Pak J Med Sci* 2014; **30**(4): 840-844. doi: 10.12669/pjms.304.4624
11. Zilaei-Bouri SH, Peeri M. The Effect of Exercise Intensity on the Response of Some of Adipocytokins and Biochemical Marker of Bone in Obese and Overweight Young Female. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism* 2015; **16**(6): 426-432.
12. Kim M K, Lee H N, Jenjob R, Lee J, Yang S G. Calcium-Triggered Pulsatile Delivery of Parathyroid Hormone from Microbeads for Osteoporosis Treatment. *Biomacromolecules* 2017; **18**(10): 3099-3105. doi: 10.1021/acs.biomac.7b00750
13. 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. doi: 10.1002/jbmr.5650111211
14. Fadwa M, Al-Shreef, Osama H, Al-Jiffri, Shehab M, Abd El-Kader. Bone metabolism and hand grip strength response to aerobic versus resistance exercise training in non-insulin dependent diabetic patients. *Afri Health Sci* 2015; **15**(3): 896-901. doi: 10.4314/ahs.v15i3.25
15. Simas V, Hing W, Pope R, Climstein M. Effects of water-based exercise on bone health of middle-aged and older adults: a systematic review and meta-analysis. *Open Access J Sports Med* 2017; **27**(8): 839-860. doi: 10.2147/OAJSM.S129182
16. Vanaky B, Sadeghi H, Ramezani N. The Effect of 12 Weekes Weight Bearing Water Training on the Bone Density of Middle Age Sedentary Women. *Biosciences Biotechnology Research Asia* 2014; **11**(2): 931-936. doi: 10.13005/bbra/1361
17. Sadeghi H, Alirezaei F. The Effect of Water Exercise Program on Static and Dynamic Balance in Elderly Women. *Salmand* 2008; **2**(4): 402-409. doi: 10.1016/j.physio.2015.03.1564
18. Shirinzadeh M, Shakerhosseini R, Hoshiyarrad A. Nutritional Value Assessment and Adequacy of Dietary Intake in Type 2 Diabetic Patients. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism* 2009; **11**(1): 25-32. doi: 10.9734/BJMMR/2016/22982
19. Chodzko-Zajko W J, David N, Fiatarone S M, Minson C T, Nigg C R, Salem G J, et al. Exercise and physical activity for older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2009; **41**(7): 1510-1530. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181a0c95c
20. De-Pergola G, Triggiani V, Bartolomeo N, Nardecchia A, Giagulli VA, Bruno I, et al. Independent Relationship of Osteocalcin Circulating Levels with Obesity, Type 2 Diabetes, Hypertension, and HDL Cholesterol. *Endocr Metab Immune Disord Drug Targets* 2016; **16**(4): 270-275. doi: 10.2174/1871530317666170106150756
21. Ghorbanian B, Barani A. Study the Effect of Exercise on Bone Markers, Glycemic and Anthropometric Indices in Postmenopausal Women with Diabetes.

www.SID.ir

Archive of SID

Arak Medical University Journal 2017; **20**(118): 107-118. doi: 10.1016/j.jocd.2011.11.003

22. Kim YS, Nam JS, Yeo DW, Kim KR, Suh SH, Ahn CW .The effects of aerobic exercise training on serum osteocalcin, adipocytokines and insulin resistance on obese young males. *Clin Endocrinol (Oxf)* 2015; **82**(5): 686-694. doi: 10.1111/cen.12601.
23. Kitareewan W, Boonhong J, Janchai S, Aksaranugraha S. Effects of the treadmill walking exercise on the biochemical bone markers. *J Med Assoc Thai* 2011; **94**(5): S10-16. doi: 10.1016/j.bone. 2010.04.495
24. Bagheri L, Salami F, Hedayati M, Rayisi J. Effects of selective aerobic exercise on estrogen levels, parathyroid, calcium, alkaline phosphatase, and albumin levels in elderly women. *Journal of Aging* 2009; **4**(12): 26-35. doi: 10.1055/s-0030-1268503
25. Behestani M, Tofighi A. Effect of a 12-Week selective aerobic exercise trial in water on femoral and lumbar spine bone density in obese postmenopausal women. *J Urmia Univ Med Sci* 2010; **21**(1): 87-95. doi: 10.1111/j.1532-5415.1998.tb02530.x
26. Bijeh N, Moazami M, Mansouri J, Saeedeh Nematpour F, Ejtehadi M. Effect of aerobic exercises on markers of bone metabolism in middle-aged women. *Kowsar Medical Journal* 2011; **16**(2): 129-135. doi: 10.1016/j.physio.2015.03.1564
27. Zenk J L, Frestedt J L, Kuskowski M A. Effect of Calcium Derived from Lithothamnion sp. on Markers of Calcium Metabolism in Premenopausal Women. *J Med Food* 2017; **12**(10): 3011-3021. doi: 10.1089/jmf.2017.0023
28. Kelley G A, Kelley K S, Kohrt M W. Exercise and bone mineral density in men: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Bone* 2013; **53**(1): 103-111. doi: 10.1016/j.bone.2012.11.031
29. Gómez-Bruton A, Gonzalez-Agüero A, Casajus JA, Vicente-Rodriguez G. Swimming training repercussion on metabolic and structural bone development; benefits of the incorporation of whole body vibration or pilometric training; the renacimiento project. *Nutr Hosp* 2014; **30**(2): 399-409. doi: 10.3305/nh.2014.30.2.7603
30. Moreira L D, Oliveira M L, Lirani-Galvão A P, Marin-Mio R V, Santos R N, Lazaretti-Castro M. Physical exercise and osteoporosis: effects of different types of exercises on bone and physical function of postmenopausal women. *Arq Bras Endocrinol Metabol* 2014; **58**(5): 514-522. doi: 10.1590/0004-2730000003374

www.SID.ir