

## تأثیر سه ماه تمرین هوازی بر مارک‌های متابولیسم استخوان در مردان چاق

طیبه زرگر<sup>۱</sup>، \*عبدالعلی بنائی فر<sup>۱</sup>، سجاد ارشادی<sup>۱</sup>، رسول اسلامی<sup>۲</sup>

### چکیده

**مقدمه:** نشان داده شده است که فعالیت ورزشی سبب افزایش توده استخوانی می‌گردد. هدف از این تحقیق بررسی اثر تمرین هوازی بر سطوح هورمون پاراتورمون، آلکالین فسفاتاز و کلسیم سرم در مردان چاق تمرین نکرده بود.

**روش بررسی:** ۲۲ مرد چاق (با میانگین سنی  $33/9 \pm 3/6$  سال و شاخص توده بدنی  $32/65 \pm 3/42$   $kg/m^2$ ) برای انجام تحقیق داوطلب شدند که به طور تصادفی به دو گروه تجربی (۱۲ نفر) و کنترل (۱۰ نفر) تقسیم شدند. گروه تجربی یک برنامه تمرینی را برای ۱۲ هفته و سه جلسه در هفته و هر جلسه ۸۰ دقیقه با شدت ۶۰ تا ۸۰٪ ضربان قلب بیشینه اجرا کردند. گروه کنترل در هیچ برنامه مداخله‌ای شرکت نداشتند. جهت اندازه‌گیری فاکتورهای بیوشیمیایی (آلکالین فسفاتاز، پاراتورمون و کلسیم سرم) از هر دو گروه نمونه‌های خونی گرفته شد. با استفاده از آزمون تی مقایسه تغییرات میانگین‌های بین گروهی انجام شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که افزایش معنی‌داری در سطوح پاراتورمون و آلکالین فسفاتاز سرم در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل مشاهده گردید ( $p < 0/001$ ). با این حال، هیچ اختلاف معناداری در غلظت کلسیم در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل دیده نشد. به علاوه، کاهش معنی‌داری در وزن بدن، شاخص توده بدنی و درصد چربی در گروه تجربی مشاهده گردید ( $p < 0/001$ ).

**بحث و نتیجه‌گیری:** سه ماه تمرین ورزشی هوازی با شدت ۶۰ تا ۸۰٪ ضربان قلب بیشینه منجر به تغییر معنی‌داری در برخی نشانگرهای متابولیسمی استخوان در مردان چاق تمرین نکرده گردید که این تغییرات می‌تواند نشان دهنده افزایش جذب کلسیم و احتمالاً اثرات آنابولیکی پاراتورمون و تمرین باشد.

کلمات کلیدی: تمرین هوازی، آلکالین فسفاتاز، پاراتورمون، کلسیم، چاقی

## مقدمه

بافت استخوانی به عنوان یک بافت پویا و فعال در نظر گرفته می‌شود. این بافت شامل کلاژن نوع معدنی و سلول‌های استخوانی استئوبلاست و استئوکلاست‌ها است. بازسازی استخوان یک رخداد طبیعی در طول زندگی است و در برگیرنده اعمال دو گانه سلول‌های استخوانی است [۱]. آلکالین فسفاتاز (ALP)<sup>۱</sup> یکی از مهمترین نشانگرهای تشکیل استخوان است، این آنزیم ترکیبی از آلکالین فسفاتاز استخوان، کبد، روده و کلیه است و در بزرگسالان ایزوآنزیم‌های استخوان و کبد تقریباً به طور مساوی همراه با سهم کلیه و روده که کمتر از ۱۰٪ است، آلکالین فسفاتاز تام را تشکیل می‌دهد. بنابراین ALP تام می‌تواند منعکس کننده تغییرات استخوانی باشد [۲]. استئوبلاست‌ها منشاء غنی از آلکالین فسفاتاز هستند و سطح سرمی آنها نشان‌دهنده فعالیت استئوبلاستی است [۳]. از طرف دیگر، پاراتورمون از جمله هورمون‌هایی است که در تحریک تشکیل و جذب استخوان، نقش مؤثری دارد. پاراتورمون تنظیم کننده اصلی متابولیسم استخوان محسوب می‌شود و غلظت کلسیم مایع خارج سلولی را در دامنه فیزیولوژیک تنظیم می‌کند [۴]. نقش این هورمون در حفظ یونهای کلسیم و هومئوستاز فسفات غیرآلی از طریق تحریک فعالیت استئوکلاست‌ها و تحریک باز جذب کلسیم در سلول‌های کلیه و افزایش غیرمستقیم جذب کلسیم از روده و نیز تحریک تولید فرم فعال ویتامین D است [۵]. زمانی که سطح کلسیم سرم پایین می‌آید ترشح PTH، تحریک شده و زمانی که مقدار آن بیشتر از حد طبیعی است، ترشح PTH مهار می‌شود. پاراتورمون دارای اثرات دوگانه روی متابولیسم استخوان است به طوری که سطوح بالای آن در حالت پایه (هایپرپاراتیروئیدیسم) اثرات کاتابولیک و سطوح متوسط آن اثرات آنابولیک روی بافت استخوان دارد [۴].

شواهد نشان می‌دهد که فعالیت بدنی آثار مثبتی بر توده

اسکلتی دارد به طوری که می‌توان گفت شاید مهمترین عامل در پیشگیری از استئوپوروز فعالیت جسمانی منظم است [۶]. اندازه گیری برخی هورمون‌ها و نشانگرهای بیوشیمیایی استخوان نشان دهنده متابولیسم داخل سلولی هستند که می‌توانند رابطه بین فعالیت جسمانی و متابولیسم استخوان را نشان دهند. آلکالین فسفاتاز، کلسیم و پاراتورمون (PTH)<sup>۲</sup> از جمله این نشانگرها هستند [۷]. فعالیت جسمانی موجب اثر آنابولیکی ALP بر متابولیسم استخوان می‌شود [۸]. برخی مطالعات اثرات آنابولیک تمرین و برخی دیگر تأثیر منفی تمرین را بر متابولیسم استخوان گزارش نموده‌اند. برای مثال، وینسنت<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۲) افزایش آلکالین فسفاتاز را در پاسخ به ۶ ماه تمرین قدرتی گزارش نمودند [۹]، در حالی که هاو<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۴)، اعمال تمرین قدرتی را تنها محرک مناسب جهت گسترش تراکم استخوانی معرفی نکرده‌اند [۱۰]. به علاوه، نتایج یک تحقیق نشان داد ۵ هفته تمرین استقامتی سبب افزایش سطوح ALP سرم گردید [۱۱]، در یک پژوهش نشان داده شد تمرین قدم زدن به همراه پرش عمودی توانسته است میزان آلکالین فسفاتاز را افزایش دهد [۱۲]. در تحقیق لستر<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۳) ۸ هفته تمرین هوازی، مقاومتی و ترکیبی منجر به افزایش معنی‌داری در سطوح ALP پس از تمرین در گروه‌های تمرینی بجز تمرین هوازی مشاهده گردید [۱۳]. از طرفی در تحقیق آقای خورشیدی (۲۰۱۱) ۱۰ هفته تمرین هوازی بر سطوح ALP بیماران دیابتی تغییری ایجاد نمود [۱۴].

همچنین، بررسی‌ها نشان می‌دهد، تمرین سبب تغییر غلظت کلسیم و PTH می‌شود [۱۵]. تأثیر تمرین ورزشی بر بافت استخوانی با استفاده از اندازه‌گیری شاخص‌های متابولیسمی استخوان در مطالعات مختلفی بررسی شده است.

2. Parathormon

3. Vincen

4. Howe

5. Lester

1. Alkalinephosphatase.

بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی بر تغییرات نشانگرهای متابولیسمی استخوان در مردان چاق بود.

### روش بررسی

جامعه آماری پژوهش حاضر را مردان چاق بزرگسال غیرورزشکار تشکیل می‌داد که از بین آنها تعداد ۳۶ نفر انتخاب و به طور تصادفی به دو گروه کنترل (بدون شرکت در برنامه تمرینی) و تجربی (شرکت در تمرینات هوازی سه ماهه) تقسیم شدند. این افراد غیرسیگاری بوده و در ۶ ماه گذشته در فعالیت‌های ورزشی منظم مشارکت نداشتند و هیچ برنامه غذایی خاصی را دنبال نمی‌کردند. علاوه بر این افراد مبتلا به هیچ یک از بیماری‌های قلب-عروقی، دیابت، بیماری‌های تنفسی و سایر بیماری‌های متابولیک نبودند.

برنامه تمرینی شامل سه ماه تمرینات هوازی با تکرار سه جلسه ۸۰ دقیقه‌ای در هر هفته بود. شدت تمرین در طول این دوره تمرینات بین ۶۰ تا ۸۰٪ ضربان قلب بیشینه قرار داشت. جلسات اولیه تمرین با کمترین شدت از این دامنه شروع و به تدریج بر شدت و زمان فعالیت در هر جلسه افزوده شد. شدت فعالیت هر فرد با استفاده از ضربان‌سنج‌های پولار (ساخت آمریکا) کنترل گردید. جلسات تمرینی بیشتر در قالب آن دسته از فعالیت‌هایی که متحمل وزن بدن هستند شامل دویدن، جهش، لی و پریدن‌ها انجام گرفت.

قبل از شروع تمرینات و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی، افراد هر دو گروه کنترل و تجربی مشابه با پیش‌آزمون در حالت ناشتا در آزمایشگاه حضور یافته و نمونه‌گیری‌های خون مشابه با مرحله قبل به عمل آمد. از آزمودنی‌ها خواسته شد تا برنامه غذایی را که در طول ۲۴ ساعت قبل از خونگیری مصرف می‌نمایند، ثبت کنند تا در آزمون پایانی نیز همان رژیم غذایی را مورد استفاده قرار دهند.

پس از اندازه‌گیری شاخص‌های آنروپومتریکی و تعیین

در مطالعه مایمون<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۱) نشان داده شد که تمرین شدید باعث افزایش ترشح PTH پس از تمرین می‌شود [۱۶] در مطالعه دیگری، افزایش معنی‌دار PTH و ALP در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل متعاقب ۹ ماه تمرین هوازی شدید مشاهده شد [۸]. در تحقیق جاناتان<sup>۲</sup> و همکارانش نشان داده شد، در تمرینات حاد و درمانده ساز دویدن روی تردمیل، سطوح پاراتورمون افزایش معنی‌داری نشان داد هر چند ۱ تا ۲ ساعت پس از تمرین نسبت به سطوح پایه افت نمود [۱۷]. همچنین، در تحقیق لستر و همکاران ۸ هفته تمرین هوازی، ترکیبی و مقاومتی تأثیر معنی‌داری در سطوح PTH ایجاد نکرد [۱۳]. برخی تحقیقات نیز کاهش نشانگرهای تشکیل استخوان در مردان و زنان جوان را گزارش کرده‌اند. برای مثال، در مطالعه وینونپا<sup>۳</sup> (۲۰۰۹) نیز، یک دوره تمرینات شدید باعث کاهش معنی‌دار پاراتورمون پس از ۶ و ۱۲ ماه تمرین در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل شد [۱۸]. به علاوه، اثرات تمرین بر سطوح کلسیم متفاوت است برخی از تحقیقات افزایش سطوح کلسیم [۱-۳] و برخی کاهش سطوح کلسیم [۲۲-۲۴] و برخی عدم تغییر کلسیم [۲۵-۲۷] را به دنبال تمرین گزارش کرده‌اند.

در مجموع، مطالعات انجام شده در رابطه با نشانگرهای متابولیسمی استخوان و سازگاری‌های بافت استخوان ناشی از اثر تمرین نتایج متناقضی به دنبال داشته است. از طرفی بخش بزرگی از تحقیقات به مطالعه اثر کوتاه مدت تمرین بر این نشانگرها پرداخته‌اند و تحقیقات طولانی مدت کمتر مورد توجه قرار گرفته است. همچنین با توجه به محدودیت و تناقض موجود در نتایج تحقیقات در زمینه اثر تمرین بر شاخص‌های متابولیسم استخوان و اهمیت مطالعه تغییرات شاخص‌های ناشی از اثر تمرین، به نظر می‌رسد انجام تحقیقات تکمیلی در این زمینه لازم و ضروری باشد. از این‌رو، هدف از تحقیق حاضر

1. Maimoun
2. Jonathan
3. Vinionpaa

جدول ۱- میانگین شاخص‌های بدنی و بیوشیمیایی در دو گروه کنترل و تجربی

| مقدار p | کنترل      |             | تمرین        |              | شاخص                                |
|---------|------------|-------------|--------------|--------------|-------------------------------------|
|         | بعد        | قبل         | بعد          | قبل          |                                     |
| *۰/۰۰۱  | ۱۰۴/۹±۷/۶۴ | ۱۰۲/۱±۷/۸۴  | ۹۵/۲±۱۳/۲    | ۱۰۱/۰۸±۱۴/۱۰ | وزن (کیلوگرم)                       |
| *۰/۰۰۱  | ۳۳/۱±۳/۲۱  | ۳۲/۶±۳/۱۷   | ۲۷/۵۵±۲/۲۷   | ۳۱/۹۲±۴/۰۸   | چربی بدن (درصد)                     |
| *۰/۰۰۱  | ۳۴/۰۳±۳/۱۱ | ۳۴/۰۳±۳/۱۱  | ۳۰/۳۲±۳/۰۸   | ۳۲/۱۲±۳/۴۲   | شاخص توده بدنی (kg/m <sup>2</sup> ) |
| ۰/۱۵۶   | ۹/۷±۰/۶۳   | ۹/۹۸±۰/۲۰   | ۹/۹۳±۰/۳۰    | ۱۰/۰۴±۰/۵۹   | کلسیم (میلی گرم بر دسی لیتر)        |
| *۰/۰۱۶  | ۲۴۱/۲±۲۸/۵ | ۲۴۴/۹±۱۸/۶۶ | ۲۶۴/۵۹±۱۴/۹۳ | ۲۴۵/۷۵±۱۶/۰۵ | آلکالین فسفاتاز (واحد بر لیتر)      |
| *۰/۰۰۱  | ۲۳/۶۲±۵/۴۴ | ۲۴/۲۴±۴/۶۹  | ۳۲/۶۷±۹/۴۰   | ۲۰/۶±۴/۱۶    | پاراتورمون (پیکومول بر لیتر)        |

## یافته‌ها

اطلاعات دموگرافیک مربوط به شاخص‌های آنتروپومتریک و تغییرات بیوشیمیایی دو گروه تجربی و کنترل در جدول ۱ نشان داده شده است. مقایسه میانگین‌های مربوط به وزن، درصد چربی، شاخص توده بدنی آزمودنی‌ها در گروه‌های تجربی و کنترل در انتهای دوره تمرینی تفاوت معنی‌داری را نشان داد، به طوری که این فاکتورها کاهش معنی‌داری در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل نشان داد ( $p < ۰/۰۰۱$ ) همچنین مقایسه میانگین‌های مربوط به سطوح ALP و پاراتورمون آزمودنی‌ها در گروه‌های تجربی و کنترل در انتهای دوره تمرینی نشان دهنده تفاوت معنی‌داری بود به طوری که این فاکتورها در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل افزایش معنی‌داری نشان داد ( $p < ۰/۰۵$ ) هر چند مقایسه میانگین‌های مقادیر کلسیم سرم در گروه‌های تجربی و کنترل در انتهای دوره تمرینی تفاوت معنی‌داری نشان نداد.

## بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر ۸ هفته تمرین هوازی بر تغییرات ترکیب بدن و سطوح پاراتورمون، آلکالین فسفاتاز و کلسیم در مردان چاق بود. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که اجرای ۱۲ هفته تمرین هوازی سبب افزایش معنی‌داری در سطوح پاراتورمون در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل گردید. نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های جمعی از مطالعات همخوانی دارد. افزایش سطوح پاراتورمون به دنبال تمرینات

درصد چربی با دستگاه آنالیز ترکیبات بدن<sup>۱</sup> (ساخت کشور آلمان مدل BC-418)، از کلیه آزمودنی‌ها پس از ۱۰ تا ۱۲ ساعت ناشتایی مقدار ۵ سی‌سی خون جهت اندازه‌گیری متغیرهای مذکور (PTH، ALP و کلسیم) از ورید بازویی گرفته شد. به کلیه آزمودنی‌ها توصیه شد ۴۸ ساعت قبل از نمونه‌گیری از هر گونه فعالیت بدنی سنگین خودداری نمایند. نمونه‌های خون بلافاصله جهت جداسازی سرم سانتریفوژ گردید. پس از اجرای مرحله سانتریفوژ، سرم حاصل تا زمان اندازه‌گیری سطوح سرمی پاراتورمون به روش الیزا، در دمای منفی ۸۰ درجه سانتیگراد نگهداری شد. پاراتورمون نیز به روش الیزا و با استفاده از کیت تجاری تهیه شده از شرکت کشور چک اندازه‌گیری گردید. ضریب تغییرات درون گروهی و برون گروهی پاراتورمون به ترتیب ۱/۱ و ۷/۱٪ بود. برای اندازه‌گیری آنزیم‌های ALP از کیت‌های آزمایشگاهی شرکت پارس آزمون و با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر RA-100 ساخت کشور کانادا به روش فتومتریک استفاده گردید. پس از تعیین توزیع طبیعی بودن آزمودنی‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف از آزمون آماری تی مستقل با در نظر گرفتن اختلاف قبل و بعد داده‌ها (دلتا) جهت تفاوت‌های بین گروهی در دو گروه کنترل و تجربی استفاده شد. سطح معنی‌داری ( $\alpha = ۰/۰۵$ ) در نظر گرفته شد و عملیات آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد.

1. Body composition analysis

PTH دارد که مستقل از اثر کلسیم است [۸، ۲۸]. علاوه بر این دیگر فاکتورهای بیولوژیکی مثل کاتکولامین‌ها نیز ممکن است ترشح PTH را در حین تمرین تنظیم کنند [۲۸]. تحقیقات نشان داده است که افزایش اپی نفرین در اثر ورزش می‌تواند رهاسازی پاراتورمون را مستقل از سطوح کلسیمی تحریک نماید [۸]. این در حالی است که افزایش سطوح اپی نفرین در حین تمرین مشاهده شده است. همچنین، یک رابطه آماری بین سطوح لاکتات و پاراتورمون گزارش شده است. هر چند این رابطه یک رابطه علی نبوده است [۳۲]. به علاوه، نشان داده شده است که PTH مسیر MAPK<sup>۵</sup> را تحریک و تعدادی از سلولهای استئوبلاست را فعال می‌کند و احتمال دارد که از طریق این مسیر افزایشی را در تعداد سلولهای استئوبلاست ایجاد نماید [۳۳]. ایده دیگر نقش آنابولیکی PTH ناشی از کاهش آپوپتوز استئوبلاستها است [۳۴]. افزایش سطوح پایه پاراتورمون تحقیق حاضر نیز ممکن است ناشی از پراکنده شدن ذخایر کلسیم به مناطقی از استخوان که فشار بیشتری را در جهت نوسازی استخوان تحمل کرده‌اند باشد و این می‌تواند نشانه اثر آنابولیکی پاراتورمون در تجدید بافت استخوانی باشد.

همچنین، سطوح کلسیمی تفاوت معنی‌داری را پس از ۸ هفته تمرین هوازی نشان نداد. نتایج به دست آمده از این تحقیق با نتایج تحقیق بیژه (۲۰۱۱) [۲۷] و باقری (۲۰۱۰) در افراد سالمند [۳۵] همخوانی دارد. همچنین معظمی (۲۰۱۳) نشان داد که تمرین هوازی تغییر معنی‌داری در سطوح کلسیم زنان میانسال ایجاد نکرد [۲۶]. با این حال، نتایج تحقیق زیترمان<sup>۶</sup> (۲۰۰۲) و همکاران، نشان داد که فعالیت کوتاه مدت سبب افزایش جذب کلسیم گردید [۲۵]. همچنین، در پژوهش هندرسن<sup>۷</sup> نشان داده شد که تمرینی حاد باعث افزایش معنی‌داری در سطوح کلسیم شد [۲۰] و نیز در تحقیق بری

ورزشی در مطالعات بری<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۷) [۱۹]، بوسیدا<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۳) در آزمودنی‌های جوان [۲۸]، حسن‌زاده و همکاران (۲۰۱۳) در زنان یائسه [۲۹] و مایمون و همکاران در ورزشکاران جوان نشان داده شده است [۱۶]. با این حال، در تحقیق اوآن<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۸) در افراد جوان [۳۰]، جوریمه<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۶) در ورزشکاران مرد [۳۱] لستر و همکاران در زنان جوان [۱۳]، سطوح هورمون پاراتورمون پس از دروه تمرینی تغییری نداشته است که نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر با نتایج این تحقیقات همخوانی ندارد.

پاراتورمون از عوامل مهم در تنظیم سوخت و ساز استخوان است، مهمترین نقش فیزیولوژیکی این هورمون حفظ هموستاز یون کلسیم و فسفات غیر آلی از طریق گیرنده PTH مرتبط با پروتئین در کلیه، استخوان و روده است [۴]. مایمون و همکاران وجود یک آستانه تحریک برای افزایش سطوح PTH در تمرینات ورزشی را ضروری می‌دانند و این افزایش را به عنوان یک اثر آنابولیکی در نوسازی استخوان در نظر گرفته‌اند [۳]. به نظر می‌رسد در تحقیق حاضر شدت تمرین به اندازه‌ای بوده است که بتواند این اثر را تحریک نماید. اساساً بین سطوح PTH و سطوح کلسیمی یک رابطه بازخوردی قوی وجود دارد به طوری که غلظت کلسیم خارج سلولی ترشح PTH را تنظیم می‌کند، کاهش کلسیم سرم سبب رها شدن PTH از سلولهای اصلی در غده پاراتیروئید می‌شود، این وضعیت در حین فعالیت ورزشی در بیشتر تحقیقات گزارش شده است [۱، ۴، ۵]. به طور کلی پیشنهاد شده است که تمرین شدید سبب افزایش ترشح ادراری کلسیم به وسیله کاهش باز جذب کلسیم در کلیه می‌شود که با توسعه اسیدوز متابولیکی شدید همراه است و می‌تواند به عنوان یکی از مکانیسم‌های افزایش پاراتورمون به دنبال فعالیت بدنی ناشی از متابولیک اسیدی در نظر گرفته شود [۱۶]. اشاره شده است که اسیدوز اثر مستقیمی بر افزایش

1. Barry
2. Bouassida
3. Evans
4. Jurimae

5. Mitogen-activated protein kinases  
6. Zittermann  
7. Henderson

(۲۰۰۷) فعالیت دوساعته رکاب زدن شدید میزان کلسیم پلاسما را افزایش داد [۱۹].

با توجه به اینکه گزارش‌ها نشان می‌دهد در حین تمرین سطوح کلسیم در اثر دفع ادرای و کلیوی کاهش می‌یابد، پاراتورمون از طریق تحریک بازجذب کلسیم در روده و افزایش سطوح باز جذب استخوانی موجب افزایش سطوح کلسیم پلاسما می‌گردد [۳۶]. هورمون پاراتیروئید با افزایش تولید ۲۵-هیدروکسی کوله کالسی فرول (D3) در کلیه باز جذب کلسیم در کلیه‌ها را نیز افزایش می‌دهد [۳۷] از طرفی طبق نظریه نروست فشار مکانیکی به استخوان باید به اندازه‌ای باشد که بتواند موجب افزایش تشکیل یا بازسازی استخوان بر فرایند بازجذب استخوان شود [۳۸]. به عبارتی هر چند سطوح کلسیم تغییر معنی‌داری در این تحقیق پیدا نکرده است لیکن به نظر می‌رسد جهت تغییرات (کاهش) کلسیم پایه نشانه این است که احتمالاً باعث رسوب کلسیم در بافت استخوانی گردیده است.

سطوح آلكالین در این پژوهش پس از ۱۲ هفته تمرین افزایش معنی‌دار نشان داد. اریکسون<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که ۸ هفته تمرین سبب افزایش معنی‌داری در سطوح ALP شد [۳۹]. همچنین، الیاکیم<sup>۲</sup> [۱۱]، ترتیبیان و ساعی [۸]، لستر و همکاران (۲۰۰۹) [۱۳] و شیباتا<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۲) [۱۲] نیز افزایش ALP را گزارش کرده‌اند. با این حال، برخی تحقیقات هم تغییری در سطوح ALP گزارش نمودند، از جمله ایواموتو<sup>۴</sup> و همکاران، گیل منت<sup>۵</sup> و همکاران [۴۰، ۷]. همچنین یافته‌های یامازاکی<sup>۶</sup> (۲۰۰۴) و همکاران کاهش سطوح ALP [۴۱] را گزارش نمودند که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی ندارد. به نظر می‌رسد عوامل مختلفی مانند شدت، مدت، نوع تمرین و ویژگی فعالیت (مانند تمرینات تحمل وزن

یا تمرین در آب)، سن و جنس آزمونی‌ها می‌توانند باعث ایجاد تفاوت در پاسخ این آنزیم گردد. همچنین پیشنهاد شده است که افزایش در ALP به استرین و فشار به سیستم عضلانی اسکلتی وابسته است [۲۳].

فعالیت بدنی منظم و طولانی مدت با شدت مناسب جهت تحریک استخوان، سبب افزایش جذب روده‌ای و کاهش دفع ادراری یون کلسیم شده و به افزایش سطوح کلسیم یونیزه سرم منجر می‌شود. علاوه بر این با افزایش سطوح ALP انتقال کلسیم مایع خارج سلول به درون استئوسیت‌ها افزایش می‌یابد و سلول‌های استخوانی جدید ساخته می‌شود [۵، ۸]. در پژوهش حاضر با توجه به افزایش معنی‌داری سطوح ALP که با تغییرات PTH همراستا بود به نظر می‌رسد که شدت و مدت (سه ماه) تمرین توانسته است فعالیت استخوان‌سازی و تغییرات هورمونی در تنظیم متابولیسم استخوان را تحریک نماید. با افزایش سطوح پایه پاراتورمون که نشانه تغییر در ساختار استخوان است به طور معمول سطوح ALP که یک نشانگر تشکیل استخوان است، نیز افزایش می‌یابد که نشانه رسوب املاح معدنی به ویژه کلسیم و نیز نشانه فعالیت استئوبلاستی است. از آنجایی که افزایش ترشح پاراتورمون ناشی از فعالیت نیاز به یک آستانه تحریکی مناسب در تمرین را دارد به نظر می‌رسد در تحقیق حاضر شدت (۶۰ تا ۸۰٪ ضربان قلب بیشینه) و مدت تمرین (سه ماه)، آستانه لازم جهت افزایش ترشح پاراتورمون را داشته است. از طرفی مجموعه تغییرات ایجاد شده در سطوح متغیرها (افزایش سطوح PTH و ALP) که البته در دامنه طبیعی قرار داشتند و حفظ سطوح کلسیم پایه می‌تواند نشانه رسوب کلسیم در بافت استخوانی و بیان‌کننده اثر آنابولیکی PTH و تمرین بر بافت استخوانی باشد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد تمرینات هوازی با شدت متوسط (۶۰ تا ۸۰٪ ضربان قلب بیشینه) می‌تواند تغییر معنی‌داری در بیومارکرهای متابولیسم استخوان شامل ALP، PTH و کلسیم ایجاد کند. تغییرات ایجاد شده در این شاخص‌ها می‌تواند نشان دهنده افزایش جذب کلسیم در توده

1. Erickson
2. Eliakim
3. Shibata
4. Iwamoto
5. Guillement
6. Yamazaki

### تشکر و قدردانی

از معاونت پژوهشی محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب به دلیل حمایت مالی این پژوهش و عزیزانی که در این تحقیق به عنوان آزمودنی همکاری نمودند تشکر و قدردانی می‌گردد.

استخوانی و افزایش وضعیت آنابولیگی ناشی از اثر پاراتورمون پس از تمرینات تداومی باشد. لذا به نظر می‌رسد شدت تمرین به کار گرفته شده آستانه بهینه‌ای جهت افزایش اثرات آنابولیگی تمرین هوازی است.

### Reference

- Bonewald LF. Osteocytes. In: Rosen CJ, Compston JE, Lian JB, eds. Primer on the metabolic bone diseases and disorders of mineral metabolism. 7th ed. Washington, DC: American society for bone and mineral research; 2008:22-27.
- Tosun A, Bolukbasi N, Cingi E, Beyazova M, Unlu M. Acute effects of a single session of aerobic exercise with or without weight-lifting on bone turnover in healthy young women. *Modern rheumatology / the Japan Rheumatism Association*. 2006;16(5):300-304.
- Rudberg A, Magnusson P, Larsson L, Joborn H. Serum isoforms of bone alkaline phosphatase increase during physical exercise in women. *Calcified tissue international*. 2000;66(5):342-347.
- Poole KE, Reeve J. Parathyroid hormone - a bone anabolic and catabolic agent. *Current opinion in pharmacology*. 2005;5(6):612-617.
- Askari A, Askari B, Samavati Sharif MA, Fallah Z. Comparing the biological markers of bone metabolism in female athletes engaged in weight bearing sports, and non-athletes. *Iranian journal of health and physical activity*. 2013;4(2):31-36. [Persian]
- Bjugstad K. The role of physical activity as prevention against osteoporosis. [MD. of thesis]. Norway, University of Oslo; 2012.
- Guillemant J, Accarie C, Peres G, Guillemant S. Acute effects of an oral calcium load on markers of bone metabolism during endurance cycling exercise in male athletes. *Calcified tissue international*. 2004;74(5):407-414.
- Tartibian B, Moutab Saei N. Effects of 9-weeks high intensity aerobic exercises on parathyroid hormone and marker of metabolism of bone formation in young women. *Olympic*. 2009;16(4):79-88. [Persian]
- Vincent KR, Braith RW. Resistance exercise and bone turnover in elderly men and women. *Medicine and science in sports and exercise*. 2002;34(1):17-23.
- Howe KS. Exercise therapy as treatment for postmenopausal osteoporosis in women not currently taking hormone replacement therapy. [MSc. of thesis], University of Florida; 2004.
- Eliakim A, Raisz LG, Brasel JA, Cooper DM. Evidence for increased bone formation following a brief endurance-type training intervention in adolescent males. *Journal of bone and mineral research : the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*. 1997;12(10):1708-1713.
- Shibata Y, Ohsawa I, Watanabe T, Miura T, Sato Y. Effects of physical training on bone mineral density and bone metabolism. *Journal of physiological anthropology and applied human science*. 2003;22(4):203-208.
- Lester ME, Urso ML, Evans RK, Pierce JR, Spiering BA, Maresh CM, et al. Influence of exercise mode and osteogenic index on bone biomarker responses during short-term physical training. *Bone*. 2009;45(4):768-776.
- Khorshidi D, Matinhomae H, Azarbayjani MA, Hossein-nezhad A. Effect of one period of aerobic exercise on serum levels of alkaline phosphatase and osteocalcin in patients with type 2 diabetes *Journal of Shahid Sadoughis university of medical sciences*. 2011;19(5):676-685. [Persian]
- Ebrahim K, Ramezan por MR, Rezaei Sahraei A. Effect of eight weeks of aerobic and progressive exercises on changes of estrogen hormone and effective factors on bone mass in menopausal sedentary women. *Iranian journal of endocrinology and metabolism*. 2010;12(4):401-408. [Persian]
- Maimoun L, Sultan C. Effects of physical activity on bone remodeling. *Metabolism: clinical and experimental*. 2011;60(3):373-388.
- Scott JP, Sale C, Greeves JP, Casey A, Dutton J, Fraser WD. The effect of training status on the metabolic response of bone to an acute bout of exhaustive treadmill running. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*. 2010;95(8):3918-3925.
- Vainionpaa A, Korpelainen R, Vaananen HK, Haapalahti J, Jamsa T, Leppaluoto J. Effect of impact exercise on bone metabolism. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*. 2009;20(10):1725-1733.

18. Barry DW, Kohrt WM. Acute effects of 2 hours of moderate-intensity cycling on serum parathyroid hormone and calcium. *Calcified tissue international*. 2007;80(6):359-365.
19. Henderson SA, Graham HK, Mollan RA, Riddoch C, Sheridan B, Johnston H. Calcium homeostasis and exercise. *International orthopaedics*. 1989;13(1):69-73.
20. Tofoghi A, Hefzolllesan M. Effect of 12-weeks selective aerobic and resistance water training on femoral and lumbar spine bone density in obese postmenopausal women. *Olympic*. 2011;18(4):153-164. [Persian]
21. Ramezanpoor MR, Vaeznia F, Hamednia MR. Examination and comparison number of index of calcium and bone metabolism on sedentary and unsedentary postmenopausal women. *Proceedings of the 7th congress of the physical education and sport sciences of Tabriz university*; 2006.
22. Thorsen K, Kristoffersson A, Hultdin J, Lorentzon R. Effects of moderate endurance exercise on calcium, parathyroid hormone, and markers of bone metabolism in young women. *Calcified tissue international*. 1997;60(1):16-20.
23. Derakhshan S, Salehi R, Reshadmanesh N. Prevalence of osteoporosis, osteopenia and their related factors in post-menopausal women referring to Kurdistan densitometry center. *Scientific journal of Kurdistan university of medical sciences*. 2006;11(2):59-67. [Persian]
24. Zittermann A, Sabatschus O, Jantzen S, Platen P, Danz A, Stehle P. Evidence for an acute rise of intestinal calcium absorption in response to aerobic exercise. *European journal of nutrition*. 2002;41(5):189-196.
25. Moazami M, Jamali F. The effect of 6-months aerobic exercises on Bone-specific alkaline phosphatase and parathyroid hormone in obese inactive woman. *Journal of sport in biomotor sciences*. 2013;5(10):71-79. [Persian]
26. Bijeh N, Moazami M, Mansouri J, Nematpour S, Ejtehadi M. Effect of aerobic exercises on markers of bone metabolism in middle-aged women. *Trauma monthly*. 2011;2011(2, Summer):129-135.
27. Bouassida A, Zalleg D, Zaouali Ajina M, Gharbi N, Duclos M, Richalet JP, et al. Parathyroid hormone concentrations during and after two periods of high intensity exercise with and without an intervening recovery period. *European journal of applied physiology*. 2003;88(4-5):339-344.
28. Hassanzadeh H, GOZASHTI M, Dehkoda M, Kazemi A. The effect of calcium and vitamin d consumption and combined training on parathyroid hormone and alkaline phosphatase of postmenopausal women. *Medical journal of Mashhad university of medical sciences*. 2012;55(2):96-101. [Persian]
29. Evans RK, Antczak AJ, Lester M, Yanovich R, Israeli E, Moran DS. Effects of a 4-month recruit training program on markers of bone metabolism. *Medicine and science in sports and exercise*. 2008;40(11 Suppl):S660-670.
30. Jurimae J, Purge P, Jurimae T, von Duvillard SP. Bone metabolism in elite male rowers: adaptation to volume-extended training. *European journal of applied physiology*. 2006;97(1):127-132.
31. Salvessen H, Johansson AG, Foxdal P, Wide L, Piehl-Aulin K, Ljunghall S. Intact serum parathyroid hormone levels increase during running exercise in well-trained men. *Calcified tissue international*. 1994;54(4):256-261.
32. Swarthout JT, Doggett TA, Lemker JL, Partridge NC. Stimulation of extracellular signal-regulated kinases and proliferation in rat osteoblastic cells by parathyroid hormone is protein kinase C-dependent. *The Journal of biological chemistry*. 2001;276(10):7586-7592.
33. Turner PR, Mefford S, Christakos S, Nissenson RA. Apoptosis mediated by activation of the G protein-coupled receptor for parathyroid hormone (PTH)/PTH-related protein (PTHrP). *Molecular endocrinology*. 2000;14(2):241-254.
34. Baghery L, Salami F, Hedayati M, Reisi J. Effect of aerobic training on estrogen, PTH, calcium, alkalinephosphatase and albumin, in postmenopausal women. *Iranian journal of ageing*. 2010;4(2):26-35. [Persian]
35. Lin LL, Hsieh SS. Effects of strength and endurance exercise on calcium-regulating hormones between different levels of physical activity. *Journal of mechanics in medicine and biology*. 2005;5(02):267-275.
36. Kukuljan S, Nowson CA, Bass SL, Sanders K, Nicholson GC, Seibel MJ, et al. Effects of a multi-component exercise program and calcium-vitamin-D3-fortified milk on bone mineral density in older men: a randomised controlled trial. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*. 2009;20(7):1241-1251.
37. Frost HM. The role of changes in mechanical usage set points in the pathogenesis of osteoporosis. *Journal of bone and mineral research : the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*. 1992;7(3):253-261.
38. Erickson CR, Vukovich MD. Osteogenic index and changes in bone markers during a jump training program: a pilot study. *Medicine and science in sports and exercise*. 2010;42(8):1485-1492.
39. Iwamoto J, Shimamura C, Takeda T, Abe H, Ichimura S, Sato Y, et al. Effects of treadmill exercise on bone mass, bone metabolism, and calciotropic hormones in young growing rats. *Journal of bone and mineral metabolism*. 2004;22(1):26-31.
40. Yamazaki S, Ichimura S, Iwamoto J, Takeda T, Toyama Y. Effect of walking exercise on bone metabolism in postmenopausal women with osteopenia/osteoporosis. *Journal of bone and mineral metabolism*. 2004;22(5):500-508.



## Effect of a three-month aerobic exercise on markers of bone metabolism in obese men

Zargar T<sup>1</sup>, \*Banaeifar A<sup>1</sup>, Arshadi S<sup>1</sup>, Eslami R<sup>2</sup>

**Background:** It has been shown that physical activity increases bone mass. The aim of this study was to examine the effect of aerobic exercise on the levels of parathormone (PTH), alkaline phosphatase (ALP), and calcium (Ca) in untrained obese men.

**Materials and methods:** Totally, 22 untrained obese men (33.9±3.6 years old; body mass index: 32.65±3.42 kg/m<sup>2</sup>) volunteered to participate in our study. They were randomly divided into two experimental (n=12) and control (n=10) groups. The experimental group performed a training program for 12 weeks (three sessions per week and each session lasted 80 minutes with the intensity of 60-80% maximum heart rate). The control group didn't participate in any intervention program. For measuring biochemical factors (ALP, Ca and PTH), blood samples were taken from each group. Finally, t-test was used for the comparison of intergroup mean changes.

**Results:** The study findings showed that there was a significant increase in PTH and ALP in the experimental group compared to the control group (p<0.001). However, no significant difference was seen in the concentration of Ca in the experimental group. Furthermore, there was a significant decrease in the fat percentage, body mass index, and weight in the experimental group (p<0.001).

**Conclusion:** Results showed that a three-month aerobic exercise with the intensity of 60-80% of maximum heart rate causes a significant change in markers of bone metabolism in the obese men. These changes can indicate an increase in calcium absorption and may be the effects of anabolic of PTH and exercise.

**Keywords:** Aerobic Exercise, Alkaline Phosphatase, Parathormone, Calcium, Obesity

1. Assistant professor, Department of physical education and sport sciences, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (\*Corresponding author) Alibanaeifar@yahoo.com

2. Assistant professor, Department of physical education and sports sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.