

The Effect of Endurance Training Timing on Serum Levels of Bone Metabolism Markers in Middle-Aged Women

Nabi Shamsaei¹, Hadi Abdi^{2*}, Behnoush Solgi³

1- Associate Professor at Department of Exercise Physiology, Faculty of Humanities, Ilam University, Ilam, Iran.

2- Assistant Professor at Department of Exercise Physiology, Payame Noor University, Tehran, Iran.

3- MSc Student in Exercise Physiology, Faculty of Humanities, Ilam University, Ilam, Iran.

Abstract

Background and Aim: Beyond the quantity, duration, and type of exercise, the timing of physical activity also plays a significant role in modulating physiological adaptations. The present study aimed to examine the effects of endurance training conducted in the morning and night on bone metabolism markers in middle-aged women. **Materials and Methods:** Thirty-six female participants, aged 40 to 50 years, were purposively selected and randomly assigned to one of three groups: morning training, night training, and control. The training groups performed aerobic training for eight weeks, with three sessions per week, each lasting 60 minutes at an intensity of 55–70% of heart rate reserve. To evaluate biochemical markers, blood samples were collected from the brachial vein under fasting conditions 48 hours prior to the initiation of the training program and 48 hours following the final training session. Following serum separation, the samples were transported to a biochemistry laboratory for analysis. Serum concentrations of alkaline phosphatase, vitamin D, parathyroid hormone, and calcitonin were quantified. The data were analyzed using paired t-tests and analysis of covariance (ANCOVA) at a significance level of $p \leq 0.05$. **Results:** The findings revealed a significant increase in serum alkaline phosphatase levels in the night training group compared to the control group ($p = 0.003$). However, no significant differences were observed between the training groups and control in serum levels of vitamin D ($p = 0.41$), parathyroid hormone ($p = 0.49$), or calcitonin ($p = 0.72$). Furthermore, there were no significant differences in biochemical serum markers among the training intervention groups ($p \geq 0.05$). **Conclusion:** In summary, the timing of aerobic training does not appear to have a significant effect on bone metabolism-related markers such as vitamin D, parathyroid hormone, or calcitonin. However, it exerts a particularly beneficial effect on bone-specific alkaline phosphatase.

Keywords: Aerobic training, Exercise timing, Bone metabolism, Middle-Aged Women

***Corresponding Author.** Address: Ilam, Payame Noor University, Department of Psychology and Educational Sciences, Sports Science Group; Email: Abdi.h@pnu.ac.ir



تأثیر زمان اجرای تمرین استقامتی بر سطح سرمی برخی نشانگرهای متابولیسم استخوان

در زنان میانسال

نبی شمسایی^۱، هادی عبدی^{۲*}، بهنوش سلگی^۳

۱- دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

۲- استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

۳- کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: به نظر می‌رسد علاوه بر میزان، مدت و نوع تمرین، زمان تمرین نیز بر سازگاری‌های فیزیولوژیکی ناشی از ورزش تأثیر داشته باشد. هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر یک دوره تمرین استقامتی در صبح و شب بر نشانگرهای متابولیسم استخوان در زنان میانسال بود. روش تحقیق: تعداد ۳۶ آزمودنی زن ۴۰ تا ۵۰ ساله به صورت هدفمند انتخاب و بطور تصادفی به سه گروه تمرین در صبح، تمرین در شب و گروه کنترل تقسیم شدند. گروه‌های تمرینی به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته و هر جلسه به مدت ۶۰ دقیقه تمرینات هوازی با شدت ۵۵ تا ۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره را انجام دادند. برای بررسی متغیرهای بیوشیمیایی، ۴۸ ساعت قبل از شروع برنامه تمرین و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین، در شرایط ناشتایی نمونه‌های خونی از ورید بازویی جمع‌آوری و پس از جداسازی سرم به آزمایشگاه بیوشیمی ارسال شد. سطوح سرمی آلکالین فسفاتاز، ویتامین D، هورمون پاراتیروئید و هورمون کلسی‌تونین اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های t زوجی و آنالیز کوواریانس در سطح معنی‌داری $p \leq 0.05$ بررسی شدند. یافته‌ها: نتایج تحقیق افزایش معنی‌دار مقادیر سرمی آلکالین فسفاتاز را در گروه تمرین در شب در مقایسه با گروه کنترل نشان داد ($p=0.003$). مقادیر سرمی ویتامین D ($p=0.041$)، هورمون پاراتیروئید ($p=0.049$) و هورمون کلسی‌تونین ($p=0.072$) در گروه‌های تمرینی در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین، بین گروه‌های مداخله تمرینی تفاوت معنی‌داری از نظر سطوح سرمی متغیرهای بیوشیمیایی مشاهده نشد ($p \geq 0.05$). نتیجه‌گیری: بطور کلی می‌توان گفت که زمان انجام تمرین هوازی اثر قابل ملاحظه‌ای بر نشانگرهای مرتبط با متابولیسم استخوان از قبیل ویتامین D، هورمون پاراتیروئید و هورمون کلسی‌تونین ندارد، اما بطور ویژه بر آلکالین فسفاتاز استخوانی اثر مفیدی داشته است.

کلید واژه‌ها: تمرین هوازی، زمان تمرین، متابولیسم استخوان، زنان میان سال.

*نویسنده مسئول، آدرس: ایلام، دانشگاه پیام نور، بخش روانشناسی و علوم تربیتی، گروه علوم ورزشی؛ پست الکترونیک:

Abdi.h@pnu.ac.ir

مقدمه

استخوان‌های سالم برای سلامت و تندرستی انسان مهم هستند. اسکلت نقش مهمی در ساختار، حفاظت، حرکت، ذخیره مواد معدنی و تولید گلبول‌های قرمز دارد. رشد و تکوین استخوان به عوامل مختلفی از قبیل عوامل مکانیکی و تعامل عوامل تغذیه‌ای و هورمونی وابسته است (۱). کاهش توده‌ی استخوان یک پیامد اجتناب‌ناپذیر سالمندی است و بالا رفتن سن یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر و غیر قابل کنترل در بروز پوکی استخوان است (۲). بطور کلی کاهش تراکم استخوان را می‌توان با رعایت سلامت استخوان‌ها از طریق مصرف کافی کلسیم، ویتامین D و انجام ورزش‌های تحمل وزن، به حداقل رساند (۳). فعالیت بدنی در طول زندگی برای داشتن استخوان‌های سالم ضروری است و بخش مهمی از فرآیند پیشگیری و درمان پوکی استخوان است. همچنین قدرت، هماهنگی و تعادل عضلانی را افزایش می‌دهد و منجر به سلامت کلی بهتری می‌شود (۴). مشخص شده است که ورزش و فعالیت بدنی بویژه فعالیت‌های ضربه‌ای و همراه با تحمل وزن بر سطوح هورمون‌ها و نشانگرهای مرتبط با متابولیسم استخوان تأثیر می‌گذارد (۵). ورزش و فعالیت بدنی از طریق بازسازی مسیرهای پیام‌رسانی متابولیک خاص، به طور گسترده‌ای به عنوان یک استراتژی درمانی سودمند برای سلامت انسان شناخته شده است. همچنین، گزارش شده است که علاوه بر مدت و نوع تمرین، زمان انجام تمرین نیز یکی از متغیرهای مؤثر بر سازگاری‌های فیزیولوژیکی ناشی از ورزش و یک عامل مهم برای تقویت اثر مفید ورزش بر مسیرهای متابولیک در عضلات اسکلتی، استخوان‌ها و هموستاز انرژی است (۶، ۷). تمرینات ورزشی به عنوان یک محرک فیزیولوژیک مؤثر، با ایجاد تغییرات قابل توجه در سطوح نشانگرهای کلیدی متابولیسم استخوان از جمله آلکالین فسفاتاز، هورمون پاراتیروئید، هورمون کلسی‌تونین و ویتامین D نقشی تعیین کننده در حفظ سلامت استخوان ایفا می‌کنند. شواهد علمی نشان می‌دهد که فعالیت‌های بدنی منظم، به ویژه تمرینات همراه با تحمل وزن، از طریق کاهش روند بازجذب استخوان، افزایش تشکیل بافت استخوانی و حفظ تعادل مواد معدنی، به پیشگیری از بروز اختلالات متابولیک و کاهش تراکم استخوان کمک می‌کنند. این اثرات محافظتی ناشی از توانایی ورزش در تعدیل سیستم‌های درون‌ریز و پیام‌رسانی مکانیکی سلول‌های استخوانی است که در نهایت منجر به بهبود کیفیت و استحکام ساختار استخوانی می‌گردد (۸-۱۱).

علاوه بر فعالیت‌های ورزشی، ریتم‌های شبانه‌روزی^۱ که توسط ساعت بیولوژیک بدن تنظیم می‌شوند نیز بر عملکرد ارگان‌ها و بافت‌های مختلف بدن، از جمله سیستم عضلانی اسکلتی، قلبی عروقی و متابولیک، تأثیر می‌گذارند و می‌توانند بر پاسخ بدن به تمرینات ورزشی و سازگاری‌های ناشی از آن مؤثر باشند. محققان معتقدند ساعت‌های زیستی بدن ما می‌توانند تعیین کنند که بهترین زمان برای استفاده حداکثری از تمرینات روزانه چه زمانی است (۶، ۷، ۱۲). ساتو^۲ و دیگران (۲۰۱۹) در یک مطالعه به این نتیجه رسیدند که ارتباط قابل توجهی بین زمان روز و فواید ناشی از ورزش وجود دارد. آن‌ها بیان کردند که زمان انجام فعالیت بدنی در طول روز می‌تواند پاسخ‌های متابولیک و فیزیولوژیکی متنوعی را فراهم کند (۶). ورزش و فعالیت بدنی، به عنوان یک محرک محیطی غیر مرتبط با نور، می‌تواند بر تنظیم و تغییر فاز ریتم‌های شبانه‌روزی یا ساعت بیولوژیکی بدن تأثیر بگذارد (۷). شواهدی برای ریتم شبانه‌روزی در نشانگرهای زیستی استخوان وجود دارد که نشان می‌دهد اختلال در ریتم شبانه‌روزی می‌تواند مستقیماً بر فیزیولوژی و متابولیسم استخوان تأثیر بگذارد (۱۳). عواملی از قبیل آلودگی نوری در شب، بیداری فعال یا

1. Circadian rhythms

2. Sato



غیرفعال تا دیروقت، و تغییر شیفت کاری، می‌توانند ریتم شبانه‌روزی بدن را به شدت تحت تأثیر قرار دهند. مطالعات نشان داده‌اند که اختلال در ریتم شبانه‌روزی از علل کاهش ساختارهای میکروسکوپی استخوان از قبیل ناحیه‌ی ترابکولار و کورتیکال^۱ است (۱۴). همچنین، مشخص شده است که نه تنها فرآیند بازسازی استخوان، بلکه غلظت سرمی برخی هورمون‌ها و عوامل تنظیم‌کننده متابولیسم استخوان مانند کلسی‌تونین^۲، کلسیم^۳، استئوکلسین^۴، پاراتورمون^۵ و آکالین فسفاتاز استخوانی^۶ دارای ریتم شبانه‌روزی هستند (۷). گزارش‌ها نشان می‌دهند که علاوه بر عوامل محیطی از قبیل نور، ورزش نیز می‌تواند ریتم شبانه‌روزی پستانداران را تنظیم کند. اگر ورزش و فعالیت بدنی در زمان مناسب روز انجام شود، می‌تواند فاز ریتم شبانه‌روزی داخلی را تغییر داده و در نتیجه هماهنگی ساعت زیستی را بهبود بخشد. مطالعه روی موش‌ها نشان داده است که عملکرد ورزشی، رونویسی ژن‌ها و مصرف انرژی به زمان انجام ورزش در طول روز وابسته است (۱۲). گزارش شده است که فعالیت ورزشی منظم با شدت متوسط یا بالا ممکن است بر تغییرات شبانه‌روزی نشانگرهای متابولیسم استخوان تأثیر بگذارد، زیرا بار مکانیکی بر تحلیل و تشکیل استخوان و همچنین عوامل موجود در گردش خون مانند هورمون‌های گلوکوکورتیکوئید^۷ و پاراتورمون تأثیر می‌گذارد (۱۷-۱۵). بنابراین، بهینه‌سازی محرک‌هایی که بر ریتم شبانه‌روزی تأثیر می‌گذارند، برای بهبود سلامت ساعت بیولوژیکی و اطمینان از عملکرد هماهنگ ساعت‌های شبانه‌روزی، بسیار مهم است. به همین دلیل، زمان‌بندی مناسب تمرینات ورزشی به گونه‌ای که با بیشترین پاسخ فیزیولوژیکی و مولکولی همزمان شود، می‌تواند به طور مضاعف به حفظ هموستاز ساعت زیستی بدن و مدیریت بیماری‌های متابولیک، از قبیل پوکی استخوان کمک کند (۱۸، ۱۹).

اگرچه تمرینات ورزشی به عنوان یکی از مؤثرترین راهکارهای درمانی بالقوه برای بهبود خواص مکانیکی استخوان و پیشگیری و درمان بیماری‌های استخوانی در نظر گرفته می‌شود اما سازوکارهای دقیقی که از طریق آن‌ها ورزش باعث افزایش این ویژگی‌ها می‌شود، هنوز به درستی شناخته نشده‌اند. همچنین، به نظر می‌رسد زمان انجام تمرینات ورزشی در طول روز می‌تواند به عنوان یک متغیر مهم و تأثیرگذار بر نتایج فیزیولوژیک ناشی از ورزش مؤثر باشد (۴، ۱۶، ۲۰). با این حال، شواهد موجود در ارتباط با اثرات بالقوه‌ی زمان انجام تمرینات استقامتی بر نشانگرهای متابولیسم استخوان محدود و نیازمند پژوهش‌های بیشتر است. بر همین اساس، این پژوهش به دنبال پاسخ به این سؤال است که آیا زمان انجام تمرینات استقامتی می‌تواند بر نشانگرهای متابولیسم استخوان تأثیر متفاوتی داشته باشد یا خیر؟ بنابراین، هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر تمرینات استقامتی در صبح و شب بر نشانگرهای مرتبط با متابولیسم استخوان در زنان ۴۰ تا ۵۰ ساله بود.

روش تحقیق

این پژوهش از نوع تجربی با طرح پیش آزمون- پس آزمون همراه با گروه کنترل بود که در سال ۱۴۰۳ انجام شد. جامعه آماری شامل زنان ۴۰ تا ۵۰ ساله شهر کرمانشاه بود. از بین جامعه آماری فوق پس از فراخوان تعداد ۴۵ نفر برای شرکت در پژوهش اعلام آمادگی کردند که از این تعداد هفت نفر بدلیل نداشتن معیارهای ورود به پژوهش و دو نفر به دلیل محرز شدن بیماری

1. Trabecular and Cortical regions

2. Calcitonin

3. Calcium

4. Osteocalcin

5. Parathyroid hormone (PTH)

6. Bone-specific alkaline phosphatase (BAP)

7. Glucocorticoid hormones

پس از خونگیری مرحله‌ی اول از پژوهش حذف شدند. ۳۶ نفر باقی‌مانده به عنوان نمونه‌ی آماری بطور تصادفی به سه گروه ۱۲ نفره شامل؛ گروه تمرین در صبح (ساعت ۱۰ صبح)، گروه تمرین در شب (ساعت ۱۹) و گروه کنترل تقسیم شدند. ابتدا کلیه شرکت‌کنندگان اطلاعات مکتوب در خصوص پژوهش دریافت نموده و پس از مطالعه از آنها درخواست شد رضایت‌نامه کتبی جهت شرکت در پژوهش را امضا کنند. معیارهای ورود به پژوهش شامل؛ سن بین ۴۰ تا ۵۰ سال، شاخص توده بدنی بین ۱۸ تا ۲۵ (کیلوگرم بر مترمربع) نداشتن سابقه بیماری‌های مزمن (مانند پوکی استخوان، آرتریت روماتوئید، دیابت، بیماری‌های قلبی-عروقی و کلیوی)، عدم مصرف مکمل‌های کلسیم، ویتامین D، و داروهای مؤثر بر متابولیسم استخوان در سه ماه گذشته و عدم انجام منظم تمرینات ورزشی در یکسال گذشته بود. معیارهای خروج از پژوهش نیز شامل؛ عدم تمایل و عدم مشارکت منظم (غیبت بیش از سه جلسه) در تمرینات و بروز هرگونه بیماری یا آسیب در طول دوره تحقیق بود.

ملاحظات اخلاقی: پروتکل این پژوهش پس از تأییدیه اخلاقی با شناسه IR.ILAM.REC.1403.017 از کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه ایلام طراحی و اجرا شد. با این حال، قبل از انجام مطالعه و پس از توضیح کامل اهداف و روش‌های تحقیق توسط محقق، از تمام شرکت‌کنندگان رضایت‌نامه کتبی شرکت در پژوهش اخذ گردید. به شرکت‌کنندگان اطمینان داده شد که اطلاعات آن‌ها محرمانه خواهد ماند. همچنین خروج از مطالعه در هر مرحله از پژوهش برای شرکت‌کنندگان کاملاً اختیاری بود.

پروتکل تمرینات استقامتی: پروتکل تمرین در این پژوهش، شامل هشت هفته، هر هفته سه جلسه و هر جلسه به مدت ۶۰ دقیقه تمرین استقامتی (هوازی)، شامل، ۱۰ دقیقه گرم کردن، ۳۵ دقیقه ایروبیک طولانی‌مدت، ۱۰ دقیقه تمرینات آمادگی جسمانی دایره‌ای از قبیل درازو نشست، شنای سوئدی، طناب بازی، پلانک و برپی در ایستگاه‌های مختلف و ۵ دقیقه سرد کردن بود. تمرین استقامتی زیر نظر کارشناس ورزشی با نظارت پزشک انجام شد. در طول تمرینات برای پایش شدت تمرین از شاخص ضربان قلب ذخیره و ساعت ضربان‌سنج پلار (مدل H9 ساخت کشور آمریکا) استفاده شد. شدت تمرین در دو هفته اول معادل ۵۵ درصد ضربان قلب ذخیره بود که به تدریج و هر دو هفته به میزان پنج درصد افزایش یافت که در دو هفته آخر به ۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره رسید. این پروتکل با اقتباس از تحقیقات گذشته و با اعمال تغییراتی از قبیل اضافه کردن تمرینات دایره‌ای جهت ایجاد تنوع و پیشگیری از بروز یکنواختی در تمرین طراحی و در اواسط فصل پاییز اجرا شد (۹). گروه تمرین در صبح ساعت ۱۰ صبح و گروه تمرین در شب ساعت ۱۹ پروتکل تمرین مختص به خود را در یک روز انجام دادند. گروه کنترل در طول دوره تحقیق هیچ گونه فعالیت ورزشی نداشتند.

نمونه‌گیری و نحوه جمع‌آوری داده‌ها: ابتدا قبل از شروع برنامه‌های تمرینی، جلسه‌آشنایی با مداخلات تمرین برای آزمودنی‌ها برگزار گردید. در این جلسه نحوه تعیین شدت و چگونگی انجام تمرینات به آزمودنی‌های پژوهش آموزش داده شد. برای بررسی متغیرهای بیوشیمیایی، نمونه‌های خونی بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی و در دو مرحله یعنی ۴۸ ساعت پیش از شروع تمرینات (پیش آزمون) و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین (پس آزمون) جمع‌آوری شدند. خون‌گیری به مقدار ۱۰ سی‌سی در ساعت هشت صبح در آزمایشگاه از ورید دست راست در وضعیت نشسته و در حالت استراحت انجام شد. سپس سرم نمونه‌های خون با استفاده از سانتریفیوژ ساخت کشور آلمان^۱ (به مدت ۱۰ دقیقه در ۳۰۰۰ rpm و دمای ۴°C) جداسازی و تا زمان انجام آزمایشات در فریزر -۸۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. برای اندازه‌گیری سطح سرمی آلکالین فسفاتاز ویژه استخوان از کیت اختصاصی شرکت پارس آزمون استفاده شد. سطح سرمی ویتامین D با استفاده از کیت اختصاصی شرکت Roche آلمان (Lot.Number: 78688701)

و با روش الکتروکمی لومینسانس ایمونواسی^۱ براساس میزان جذب به پروتئین متصل به ویتامین D اندازه گیری شد. برای سنجش سطح سرمی هورمون پاراتیروئید از کیت اختصاصی شرکت Roche آلمان (Lot.Number: 7635603) و با روش الکتروکمی لومینسانس (ECL) و کلسی تونین از روش الایزا و با استفاده از کیت اختصاصی شرکت Roche آلمان براساس اصل تست ساندویچ استفاده شد.

روش های تجزیه و تحلیل آماری داده ها: از آمار توصیفی برای محاسبه میانگین و انحراف معیار و در بخش آمار استنباطی از آزمون شاپیروویلک جهت بررسی توزیع داده ها، به منظور بررسی تفاوت درون گروهی و بین گروهی به ترتیب از آزمون t و تحلیل کوواریانس (ANCOVA) و در صورت معنادار بودن نتایج آزمون کوواریانس برای تعیین محل تفاوت گروه ها از آزمون تعقیبی بونفرونی در سطح معناداری ۰/۰۵ $p \leq$ استفاده شد. کلیه محاسبات و تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

یافته ها

نتایج نشان داد که تفاوت معنی داری از نظر ویژگی های پیکرسنجی بین گروه های مختلف تحقیق وجود ندارد (جدول ۱).

جدول ۱. ویژگی های پیکرسنجی آزمودنی ها در گروه های مختلف تحقیق

متغیرها (انحراف معیار $\pm$ میانگین)				گروه ها
BMI	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتی متر)	سن (سال)	
(کیلوگرم بر مترمربع)				
$\pm 62/24 \ 0/47$	$\pm 52/67 \ 1/94$	$\pm 58/165 \ 2/53$	$\pm 64/45 \ 1/22$	تمرین در صبح
$\pm 23/24 \ 0/54$	$\pm 37/66 \ 1/33$	$\pm 50/165 \ 1/93$	$\pm 90/44 \ 1/89$	تمرین در شب
$\pm 41/24 \ 0/48$	$\pm 53/67 \ 1/51$	$\pm 33/166 \ 1/72$	$\pm 00/45 \ 1/82$	کنترل

جدول دو مقادیر سرمی نشانگرهای متابولیسم استخوان در دو مرحله ی پیش آزمون و پس آزمون را در گروه های تجربی و گروه کنترل نشان می دهد. نرمال بودن توزیع داده ها با آزمون شاپیروویلک و همگنی واریانس داده ها با آزمون لوین مورد تأیید قرار گرفت. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس (ANCOVA) نشان داد که تفاوت معنی داری بین گروه های تحقیق از نظر نشانگر آلكالین فسفاتاز وجود دارد ($p=0/003$). همچنین نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که تنها تفاوت بین گروه های تمرین در شب و گروه کنترل از لحاظ آماری معنی دار بود ($p=0/003$). با این حال، در نشانگرهای پاراتورمون ($p=0/49$)، کلسی تونین ($p=0/72$) و ویتامین D ($p=0/41$) تفاوت آماری معنی داری بین گروه های مداخله تمرینی و گروه کنترل مشاهده نشد. در مقایسه درون گروهی، نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که اختلاف میانگین گروه ها در پیش آزمون و پس آزمون در متغیر آلكالین فسفاتاز در گروه تمرین در شب ($p=0/001$)، در متغیر کلسی تونین در گروه تمرین در صبح ($p=0/01$)، و گروه کنترل ($p=0/01$)، و در متغیر ویتامین D، در گروه تمرین در صبح ($p=0/05$)، و گروه کنترل ($p=0/02$)، معنی دار بود (جدول ۲).

1. Electrochemiluminescence Immunoassay (ECLIA)

جدول ۲. مقادیر سرمی نشانگرهای متابولیسم استخوان

تغییرات		شاخص‌ها	
مقدار P		مرحله (M±SD)	
ANCOVA	t-test	پس آزمون	پیش آزمون
۰/۰۰۳*			
	۰/۱۵	۵۰/۹۱ ± ۱۵/۷۹	۴۳/۶۶ ± ۲/۷۴
	۰/۰۰۱*	۶۲/۲۵ ± ۱۳/۸۹	۴۳/۰۸ ± ۳/۲۸
	۰/۴۲	۴۱/۲۵ ± ۹/۷۷	۴۳/۷۵ ± ۳/۳۸
۰/۴۹			
	۰/۲۰	۵۳/۴۷ ± ۷/۵۳	۴۹/۸۳ ± ۶/۹۹
	۰/۶۱	۵۱/۱۸ ± ۷/۵۱	۵۰/۴۵ ± ۵/۳۵
	۰/۵۲	۵۵/۰۸ ± ۱۰/۷۵	±۱۶/۵۶ ۹/۷۷
۰/۷۲			
	۰/۰۱*	۳/۶۳ ± ۱/۸۳	۲/۰۴ ± ۰/۷۴
	۰/۱۰	۲/۸۶ ± ۱/۲۰	۲/۱۰ ± ۰/۷۴
	۰/۰۱*	۲/۹۶ ± ۱/۱۷	۱/۸۴ ± ۰/۴۸
۰/۴۱			
	۰/۰۵*	۴۰/۹۲ ± ۱۳/۴۹	۳۶/۵۶ ± ۱۳/۷۰
	۰/۸۹	۳۳/۶۲ ± ۵/۹۴	۳۳/۸۶ ± ۷/۷۴
	۰/۰۲*	۲۴/۳۴ ± ۴/۳۴	۳۰/۵۰ ± ۸/۳۵

* نشانه تفاوت معنی‌دار در سطح $p \leq 0.05$

u/l: واحد بین المللی بر لیتر. Pg/ml: پیکوگرم بر میلی لیتر. Ng/ml: نانوگرم بر میلی لیتر

بحث

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر زمان انجام تمرین هوازی (صبح در مقابل شب) بر سطح سرمی برخی نشانگرهای مرتبط با متابولیسم استخوان انجام شد. نتایج پژوهش نشان داد که انجام تمرینات هوازی در صبح و شب باعث افزایش سطح سرمی آلکالین فسفاتاز ویژه استخوان گردید. با این حال، میزان افزایش تنها پس از تمرینات شبانهگاهی نسبت به پیش آزمون و گروه کنترل معنی‌دار بود. به این معنی که فقط تمرینات هوازی در شب اثر معنی‌داری بر سطوح آلکالین فسفاتاز استخوانی داشت. تمرینات صبحگاهی اگر چه باعث افزایش سطوح سرمی آلکالین فسفاتاز گردید اما میزان این افزایش در مقایسه با عدم تمرین



چشمگیر نبود. آلكالين فسفاتاز ويژه‌ي استخوان يك نشانگر بيوشيميايي تشكيل استخوان است كه توسط استئوبلاست‌ها^۱ (سلولهاي سازنده استخوان) ترشح ميشود (۱۱). افزايش سطح آلكالين فسفاتاز پس از تمرينات شبانگاهي ممكن است نشان دهنده تحريك فعاليت استئوبلاستي و افزايش تشكيل استخوان باشد. شواهد نشان مي‌دهد كه ورزش و فعاليت بدني براي تقويت رشد و سلامت استخوان‌ها مفيد است (۲۰). با اين حال، تحقيقات در خصوص اثر انواع تمرينات ورزشي بر سطوح آلكالين فسفاتاز ويژه استخوان نتايج متناقضي را نشان مي‌دهند. به عنوان مثال، بختياري^۲ و ديگران (۲۰۲۱)، مال‌اندیش^۳ و ديگران (۲۰۲۱)، كيخسروي^۴ و ديگران (۲۰۲۱)، باقري^۵ و ديگران (۲۰۱۰)، افزايش سطوح سرمي آلكالين فسفاتاز ويژه استخوان را متعاقب تمرينات ورزشي گزارش كردند (۸، ۱۰، ۲۱، ۲۲). در اين راستا، لستر^۶ و ديگران (۲۰۰۹) با بررسي اثر هشت هفته تمرين هوازي، مقاومتی و ترکیبی، افزايش معني‌دار آلكالين فسفاتاز را در گروه‌هاي تمرين تركيبي و مقاومتی در مقايسه با گروه كنترل گزارش نمودند، در حالي كه در گروه تمرين هوازي، افزايش معني‌داري مشاهده نشد. همچنين اريكسون^۷ و ديگران (۲۰۱۰) افزايش معني‌دار آلكالين فسفاتاز را متعاقب هشت هفته برنامه تمرين پريشي گزارش كردند (۲۳، ۲۴).

به طور كلي نتايج تحقيق حاضر در بخش تمرينات شبانگاهي با يافته‌هاي مطالعات پيشين مبني بر افزايش سطوح سرمي آلكالين فسفاتاز همسو و در بخش تمرينات صبحگاهي ناهمسو است. از جمله دلايل ناهمسوي نتايج مطالعات فوق با نتايج تحقيق حاضر در بخش تمرينات صبحگاهي، مي‌توان به عواملی از قبيل نوع تمرين ورزشي، شدت، مدت، سن و جنس آزمودني‌ها و نيز زمان انجام تمرينات اشاره كرد كه مي‌توانند پاسخ شاخص‌هاي سوخت و ساز استخوان به تمرينات را تحت تأثير قرار دهند. در ادامه به برخي تفاوت‌هاي موجود بين تحقيقات گذشته و تحقيق حاضر اشاره مي‌شود. در تحقيق بختياري و ديگران از برنامه‌ي تمريني اينتروال هوازي با شدت ۹۰ درصد ضربان قلب ذخيره در مردان ميانسال، و در تحقيق كيخسروي و ديگران از تمرينات اينتروال شديد در موش‌هاي صحرابي مسن استفاده شد. اما پروتكل تمرين در تحقيق حاضر با شدت ۵۵ تا ۷۰ درصد ضربان قلب ذخيره بود. گزارش شده است كه انجام فعاليت‌هاي ورزشي با شدت بالاتر اثرات سودمندترى بر تراكم مواد معدني و رشد استخوان‌ها دارد (۲۰). مدت زمان پروتكل تمرين در تحقيق مال‌اندیش و ديگران ۱۲ هفته بود كه توسط زنان يائسه‌ي داراي اضافه وزن به عنوان آزمودني اجرا شد. همچنين، در تحقيق باقري و ديگران آزمودني‌ها زنان سالمند بودند، بنابراين هم پروتكل تمرينات و هم آزمودني‌هاي تحقيقات فوق با تحقيق حاضر متفاوت است. بيژه^۸ و ديگران (۲۰۱۱) در يك مطالعه گزارش كردند كه شش ماه تمرين هوازي با شدت ۵۵ تا ۶۵ درصد ضربان قلب ذخيره تغييرات معني‌داري در غلظت آلكالين فسفاتاز استخواني ايجاد نكرد. آن‌ها نتيجه گيري كردند كه احتمالاً شدت تمريني مورد استفاده براي تحريك نشانگرهاي مرتبط با تشكيل استخوان كافي نبوده است (۹). اين يافته با نتايج تحقيق حاضر كه از پروتكل تمريني مشابه با مطالعه‌ي بيژه و ديگران استفاده كرده است در بخش تمرينات صبحگاهي همخواني دارد. از طرفي نتايج تحقيق حاضر در بخش تمرينات شبانگاهي كه افزايش معني‌دار آلكالين فسفاتاز را به دنبال داشت مي‌تواند دليلي بر اثربخشي متفاوت زمان تمرين بر پاسخ‌هاي بيوشيميايي باشد. يو و ديگران

1. Osteoblasts
2. Bakhtiari
3. Malandish
4. Keikhosravi
5. Baghery
6. Lester
7. Erickson
8. Bijeh

(۲۰۲۴) گزارش کردند که زمان انجام تمرین ورزشی می‌تواند تأثیر قابل ملاحظه و متفاوتی بر رشد و متابولیسم استخوان داشته باشد (۲۰). برخی تحقیقات نشان داده‌اند که ریتم‌های شبانه‌روزی نقش مهمی در تنظیم متابولیسم استخوان ایفا می‌کنند. مطالعات حاکی از آن است که فعالیت استئوبلاست‌ها و تشکیل استخوان در ساعات عصر و شب افزایش می‌یابد. همچنین، مشخص شده است که هورمون‌های کورتیزول^۱ و ملاتونین^۲ از جمله عوامل تأثیرگذار بر متابولیسم استخوان هستند که تحت تأثیر ریتم شبانه‌روزی قرار دارند. سطوح سرمی هورمون کورتیزول در صبح به اوج خود می‌رسد و در عصر و شب کاهش می‌یابد، در حالی که ترشح هورمون ملاتونین قبل از تاریکی شروع و در حین تاریکی به اوج می‌رسد. گزارش شده است که کورتیزول در سطوح بالا می‌تواند اثرات بازدارنده‌ای بر تشکیل استخوان داشته باشد، در حالی که ملاتونین از طریق فعالیت آنتی اکسیدانی، و نیز تحریک ترشح نشانگرهای مرتبط با تشکیل استخوان از قبیل آلکالین فسفاتاز و کلاژن می‌تواند اثرات محافظتی بر استخوان داشته باشد (۲۸-۲۵). نشان داده شده است که تمرینات شبانه‌گاهی با تحریک قوی ترشح هورمون ملاتونین همراه است (۲۹). بنابراین، احتمال دارد عدم افزایش معنی‌دار سطح سرمی آلکالین فسفاتاز در گروه تمرین صبحگاهی به دلیل تداخل اثرات بازدارنده‌ی هورمون کورتیزول بوده باشد. اما در گروه تمرین در شب اثرات هم‌افزای تمرینات هوازی و ملاتونین منجر به افزایش معنی‌دار آلکالین فسفاتاز در این گروه شده است، چرا که ملاتونین بر ترشح آلکالین فسفاتاز تأثیر مثبتی دارد (۲۷). در نتیجه، می‌توان گفت تمرینات هوازی در شب احتمالاً با تقویت ریتم‌های شبانه‌روزی، فعالیت استئوبلاستی را بیشتر از زمان‌های دیگر تحریک کرده باشد.

یافته دیگر تحقیق حاضر، عدم تأثیر معنی‌دار هشت هفته تمرین هوازی در صبح و شب بر سطوح سرمی ویتامین D زنان بوده است. با این حال، در مقایسه درون گروهی، میزان سرمی ویتامین D در گروه تمرین صبحگاهی نسبت به پیش آزمون افزایش معنی‌داری را نشان داد و در گروه کنترل بطور معنی‌داری کاهش یافت. تحقیقات نشان داده‌اند که ۹۵ درصد ویتامین D عمدتاً در پوست و از طریق قرار گرفتن در معرض نور خورشید سنتز و پنج درصد نیز با مصرف مواد غذایی حاوی ویتامین D جذب می‌شود (۳۰). بنابراین، تمرینات هوازی به تنهایی ممکن است تأثیر مستقیمی بر سنتز یا متابولیسم ویتامین D نداشته باشند، مگر اینکه همراه با افزایش مواجهه با نور خورشید یا دریافت آن از طریق رژیم غذایی باشد (۳۴-۳۱). در این راستا، خان^۳ و دیگران (۲۰۲۴) در یک مطالعه‌ی متاآنالیز گزارش کردند که اثربخشی تمرینات ورزشی بر سطوح ویتامین D زمانی چشمگیر بوده است که مداخله تمرینی در فضای باز و در مواجهه با نور خورشید انجام شده است (۳۵). همچنین، عبدی^۴ و دیگران (۲۰۲۱) نیز عدم تغییر معنی‌دار سطوح سرمی ویتامین D پس از شش هفته تمرینات اینتروال شدید در فضای بسته گزارش کردند (۳۱). هم‌راستا با این مطالعه، در تحقیق حاضر نیز که پروتکل تمرینات در داخل سالن بوده است تغییر معنی‌داری در سطوح سرمی ویتامین D مشاهده نشد. در تضاد با نتایج تحقیق ما، دلاو^۵ و دیگران (۲۰۲۲) افزایش معنی‌دار سطوح سرمی ویتامین D را متعاقب ۱۲ هفته تمرینات ورزشی مختلف مستقل از نوع فعالیت گزارش کردند (۳۶). از جمله دلایل این ناهمسویی می‌توان به عواملی از قبیل تفاوت در نوع، شدت و مدت تمرین و نیز ویژگی‌های آنترئوپومتریک آزمودنی‌ها اشاره کرد. پروتکل تمرین در تحقیق حاضر هشت هفته تمرینات هوازی با شدت متوسط بود، در حالی که در تحقیق دلاو و دیگران از تمرینات

1. Cortisol
2. Melatonin
3. Khan
4. Abdi
5. De-la-O



ترکیبی (هوازی و مقاومتی) و تمرینات اینتروال شدید (HIIT) به مدت ۱۲ هفته استفاده شده است. همچنین آزمودنی‌های تحقیق حاضر در محدوده وزنی نرمال بودند اما در تحقیق دلاو شرکت کنندگان در محدوده اضافه وزن و چاق بوده‌اند (۳۶). راک^۱ و دیگران (۲۰۱۲) نشان دادند که افزایش سطوح سرمی ویتامین D ناشی از فعالیت ورزشی، احتمالاً به دلیل تسریع فرآیند چربی‌سوزی و کاهش وزن در آزمودنی‌های دارای اضافه وزن و چاق بوده است، استدلال آن‌ها این بود که سلول‌های بافت چربی غنی از ویتامین D هستند، بنابراین داشتن درصد چربی بیشتر و شکسته شدن آن‌ها در نتیجه فعالیت ورزشی باعث افزایش حضور ویتامین D در گردش خون می‌شود (۳۷). بنابراین، عدم تأثیرپذیری معنی‌دار سطح سرمی ویتامین D از تمرینات صبحگاهی و شبانه‌گاهی در تحقیق حاضر احتمالاً به دلیل نرمال بودن وزن آزمودنی‌ها و کمتر بودن درصد چربی بدنی آن‌ها در مقایسه با آزمودنی‌های تحقیق دلاو و دیگران بوده است. همچنین، مال‌اندیش و دیگران (۲۰۲۰) افزایش معنی‌دار سطح سرمی ویتامین D پس از ۱۲ هفته تمرینات هوازی در زنان یائسه مبتلا به کمبود ویتامین D گزارش کردند (۳۸). این یافته در تضاد با نتایج تحقیق حاضر است. از آنجایی که میزان ویتامین D سرمی آزمودنی‌های تحقیق ما در دامنه‌ی طبیعی (بیشتر از ۳۰ نانوگرم بر میلی لیتر) و در تحقیق مال‌اندیش و دیگران در محدوده‌ی ناکافی بوده است (۳۹)، این احتمال وجود دارد که پروتکل تمرینات هوازی تأثیر افزایشی قابل ملاحظه‌ای بر سطوح نرمال ویتامین D نداشته است اما برای جبران کمبود ویتامین D مؤثر بوده است. همچنین مدت زمان پروتکل تمرینی و سن آزمودنی‌ها در مطالعه‌ی مال‌اندیش و دیگران با مطالعه حاضر تفاوت دارد. با این حال، در این زمینه انجام مطالعات دقیق‌تر و جامع‌تر همراه با کنترل تغذیه و میزان مواجهه با نور خورشید ضروری به نظر می‌رسد.

نتایج تحقیق، همچنین نشان داد که هشت هفته تمرینات هوازی در زمان‌های مختلف روز (صبح یا شب) اگر چه افزایش سطح سرمی هورمون پاراتورمون را به دنبال داشت، اما این افزایش بسیار ناچیز و غیرمعنی‌دار بود. این یافته‌ها حاکی از آن است که زمان انجام ورزش هوازی ممکن است تأثیر محدودی بر سطح این هورمون داشته باشد. هورمون پاراتورمون تنظیم کننده اصلی متابولیسم استخوان است، و برای حفظ غلظت یون کلسیم مایعات خارج سلولی در محدوده فیزیولوژیکی، عمل می‌کند. سطح این هورمون معمولاً تحت تأثیر تغییرات سطح کلسیم خون، ویتامین D، فسفر و سایر عوامل مرتبط با متابولیسم استخوان قرار می‌گیرد (۴۰). مطالعات گذشته در خصوص اثر فعالیت‌های ورزشی بر سطح سرمی پاراتورمون نتایج متناقضی را نشان می‌دهد. برخی از این مطالعات افزایش معنی‌دار هورمون پاراتورمون را متعاقب تمرینات هوازی و تمرینات اینتروال شدید گزارش کردند (۸، ۱۰، ۲۱، ۲۲)، برخی نیز همراستا با تحقیق حاضر عدم تغییر معنی‌دار این هورمون متعاقب تمرینات ورزشی را نشان دادند (۹، ۲۳، ۴۱). این در حالی است که برخی پژوهش‌ها کاهش هورمون پاراتورمون را پس از فعالیت ورزشی گزارش کردند (۳۰). رابطه بین ورزش و سطح هورمون پاراتورمون بسیار پیچیده و به عواملی مانند نوع، شدت و مدت ورزش و نیز ویژگی‌های فردی مانند سن، جنسیت، سطح آمادگی جسمانی، شاخص توده بدنی^۲ (BMI) و وضعیت تغذیه بستگی دارد. سطح این هورمون معمولاً در پاسخ به فعالیت‌های ورزشی با شدت بالا به واسطه‌ی کاهش کلسیم ناشی از تمرین افزایش می‌یابد. همچنین، عواملی از قبیل ژنتیک، کشیدن سیگار نیز در تغییرات سطوح سرمی پاراتورمون نقش دارند. مطالعات، سهم ژنتیک در تغییرات هورمون پاراتورمون را ۶۰ درصد گزارش کرده‌اند (۳۰، ۴۰، ۴۲). BMI نیز از عوامل تأثیرگذار در افزایش مقادیر سرمی پاراتورمون است.

1. Rock

2. Body Mass Index (BMI)

مشخص شده است که افزایش BMI با افزایش مقادیر سرمی پاراتورمون همراه است (۳۰). بنابراین به نظر می‌رسد یکی از دلایل ناهمسوایی نتایج مطالعه‌ی حاضر با پژوهش‌های گذشته، تفاوت در BMI آزمودنی‌ها باشد. در تحقیق حاضر BMI آزمودنی‌ها در محدوده‌ی طبیعی بوده است در حالی که آزمودنی‌های تحقیقات پیشین عمدتاً در محدوده اضافه وزن و چاق بوده‌اند. همچنین، پیشنهاد شده است که عواملی از قبیل کاهش کلسیم، افزایش ترشح کاتکولامین‌ها و بروز اسیدوز پس از فعالیت‌های ورزشی شدید در افزایش تولید و ترشح هورمون پاراتورمون نقش دارند (۳۰). در همین راستا، یک مطالعه نشان داد که تمرینات ورزشی با شدت پایین، پتانسیلی برای تغییر در ریتم‌های شبانه‌روزی نشانگرهای مرتبط با متابولیسم استخوان از جمله هورمون پاراتورمون ندارند (۷). بنابراین، احتمالاً شدت تمرینات در تحقیق حاضر، محرک کافی برای ایجاد تغییرات اساسی در غلظت کلسیم، کاتکولامین‌ها و اسیدلاکتیک خون و به دنبال آن افزایش ترشح هورمون پاراتورمون اعمال نکرده است. علاوه بر این، گزارش شده است که تغییرات در نشانگرهای متابولیسم استخوان پس از فعالیت ورزشی موقتی است و پس از هشت تا ۳۶ ساعت پس از یک دوره ورزش قابل تشخیص نیست (۴۲، ۴۳). از آنجا که در تحقیق حاضر نمونه‌های خونی در مرحله‌ی پس‌آزمون، ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه فعالیت ورزشی جمع‌آوری شد، این احتمال وجود دارد که غلظت هورمون پاراتورمون طی این مدت به سطوح پایه برگشته باشد و تغییرات ناشی از تمرینات ورزشی قابل شناسایی نبوده است. بنابراین، برای درک بهتر تأثیر زمان انجام فعالیت‌های ورزشی بر سلامت استخوان‌ها و نشانگرهای مرتبط با متابولیسم استخوان، مطالعات جامع‌تری که اثرات تمرینات ورزشی با شدت و مدت مختلف و تغییرات دقیق‌تر در سطوح نشانگرهای زیستی مرتبط با استخوان همراه با نمونه‌گیری خون در زمان‌های مختلف پس از فعالیت‌های ورزشی را بررسی کنند ضرورت پیدا می‌کند.

در خصوص هورمون کلسی‌تونین، نتایج تحقیق نشان داد که هشت هفته تمرینات هوازی، چه در صبح و چه در شب، تأثیر معنی‌داری بر سطح سرمی هورمون کلسی‌تونین نداشته است. این یافته حاکی از آن است که زمان انجام تمرینات هوازی (صبح یا شب) تفاوت قابل توجهی در مقادیر سرمی این هورمون ایجاد نمی‌کند. با این حال، مقایسه‌ی تغییرات درون گروهی افزایش معنی‌دار این نشانگر را در گروه‌های تمرین در صبح و گروه کنترل نشان داد. با توجه به اینکه میانگین پس‌آزمون گروه‌ها در مقایسه‌ی بین گروهی تفاوت معنی‌داری نداشت، به نظر می‌رسد افزایش مشاهده شده در گروه کنترل و گروه تمرین در صبح ناشی از عوامل دیگری غیر از تمرینات هوازی از قبیل عادات تغذیه‌ای، تغییرات کلسیم خون، شاخص توده‌ی بدنی و ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها در سازگاری متابولیک نسبت به ورزش باشد که بر سطح این هورمون تأثیر گذاشته‌اند. همچنین به نظر می‌رسد سطوح پایین‌تر مقادیر پایه‌ی کلسی‌تونین در گروه کنترل، دلیل تفاوت معنی‌دار مقادیر پس‌آزمون در این گروه باشد. کلسی‌تونین یک هورمون پپتیدی است که در هموستاز کلسیم و فسفر نقش دارد (۳۰، ۴۴). یک مطالعه‌ی متاآنالیز نشان داد که اکثر تحقیقاتی که تأثیر فعالیت ورزشی بر مقادیر سرمی کلسی‌تونین را بررسی کرده بودند، عدم تغییر این نشانگر را گزارش کرده‌اند (۳۰). این هورمون عمدتاً در پاسخ به افزایش سطح کلسیم خون ترشح می‌شود و نقش آن کاهش سطح کلسیم خون از طریق مهار بازجذب استخوان است (۴۴). در حین ورزش، اگر سطح کلسیم خون به طور قابل توجهی تغییر نکند، ممکن است سطح کلسی‌تونین نیز ثابت باقی بماند. از طرفی فعالیت استقامتی ممکن است به طور موقت سطح کلسی‌تونین را افزایش دهد، اما در بلندمدت، ورزش منظم می‌تواند به تعادل بهتر سطح کلسیم و کاهش نیاز به ترشح کلسی‌تونین کمک کند (۴۵). اگر چه در تحقیق حاضر سطح کلسیم خون اندازه‌گیری نشده است، اما این احتمال وجود دارد که پروتکل تمرینی تحقیق حاضر در صبح و شب محرک لازم برای ایجاد تغییرات قابل ملاحظه در یون کلسیم ایجاد نکرده‌اند که نیاز به ترشح کلسی‌تونین افزایش پیدا کند. با این حال، برخی مطالعات نشان دادند که سطح هورمون کلسی‌تونین با وجود افزایش میزان واقعی کلسیم یونیزه خون،



مطالعات کاربردی علوم زیستی در ورزش



تحت تأثیر فعالیتهای ورزشی مقاومتی و استقامتی قرار نمی‌گیرد (۴۶). همچنین، شواهدی از ارتباط مثبت بین شاخص توده بدنی و سطح کلسی‌تونین خون وجود دارد (۳۰). در تأیید این شواهد، عدم تغییر سطح کلسی‌تونین در تحقیق حاضر احتمالاً بدلیل نرمال بودن BMI آزمودنی‌ها در گروه‌های مختلف تحقیق بوده است. با این حال، برای مشخص شدن ابعاد مختلف پاسخ کلسی‌تونین به انواع فعالیتهای ورزشی در زمان‌های مختلف روز، انجام تحقیقات بیشتر با طراحی‌های دقیق‌تر و پایش منظم سطح این هورمون در بازه‌های زمانی مختلف در حین و پس از تمرین ضرورت دارد.

نتیجه گیری: به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که زمان انجام تمرینات (صبح یا شب) می‌تواند تأثیر متفاوتی بر برخی نشانگرهای بیوشیمیایی مرتبط با سلامت استخوان و متابولیسم مواد معدنی داشته باشد. به طور خاص، تمرینات شبانه‌ای باعث افزایش سطح سرمی آکالین فسفاتاز ویژه استخوان شد، در حالی که این افزایش در گروه تمرین صبحگاهی مشاهده نشد. این یافته می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر زمان تمرین بر فعالیت استخوان‌سازی باشد. از سوی دیگر، تمرینات صبحگاهی و شبانه‌ای هردو تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر سطح سرمی ویتامین D، هورمون پاراتورمون و کلسی‌تونین نداشتند. با این حال، به نظر می‌رسد افزایش سطح ویتامین D در گروه تمرین صبحگاهی و کاهش آن در گروه کنترل، ناشی از تأثیر مواجهه با نور خورشید بر متابولیسم ویتامین D باشد. همچنین، افزایش سطح کلسی‌تونین در گروه تمرین صبحگاهی و گروه کنترل نسبت به پیش‌آزمون، ممکن است با عوامل دیگری غیر از تمرینات هوازی مرتبط باشد که نیاز به بررسی بیشتر دارد. این نتایج نشان می‌دهد که زمان انجام تمرینات می‌تواند بر برخی شاخص‌های مرتبط با سلامت استخوان تأثیر بگذارد، اما تأثیر آن بر ویتامین D و هورمون‌های مرتبط با متابولیسم استخوان چندان واضح نیست. به نظر می‌رسد تغییرات این شاخص‌ها تحت تأثیر عوامل دیگری از قبیل تغذیه، مواجهه با نور خورشید، حجم نمونه و ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها از جمله شاخص توده بدنی و سازگاری متابولیک نسبت به ورزش قرار می‌گیرد. بنابراین، برای دستیابی به نتایج قطعی‌تر، انجام مطالعات بیشتر با حجم نمونه‌ی بزرگتر، دوره‌های تمرینی طولانی‌تر و پایش دقیق‌تر نشانگرهای بیوشیمیایی پیشنهاد می‌شود.

تعارض منافع

هیچکدام از نویسندگان این مقاله، تعارض منافی برای انتشار آن ندارند.

قدردانی و تشکر

بدینوسیله از تمامی شرکت کنندگان در این مطالعه، گروه فیزیولوژی ورزشی دانشگاه ایلام و همه کسانی که در انجام این تحقیق ما را یاری کردند تقدیر و تشکر می‌نماییم.

منابع

1. Taylor AW. Physiology of exercise and healthy aging: Human Kinetics; 2021. <https://doi.org/10.5040/9781718235922>
2. Tootee A, Larijani B. World osteoporosis day: celebrating two decades of progress in preventing osteoporotic fractures in Iran. Journal of Diabetes & Metabolic Disorders. 2017;18:725;9. <https://doi.org/10.1007/s40200-019-00465-4>
3. Papaioannou A, Morin S, Cheung A, Atkinson S, Brown J, Feldman S, et al. for the Scientific Advisory Council of Osteoporosis Canada 2010 (2010) Clinical practice guidelines for the diagnosis and management of osteoporosis in Canada: summary. CMAJ <https://doi.org/10.1503/cmaj.100771>.
4. Benedetti MG, Furlini G, Zati A, Letizia Mauro G. The effectiveness of physical exercise on bone density in osteoporotic patients. BioMed research international. 2018;2018(1):4840531. <https://doi.org/10.1155/2018/4840531>
5. Vainionpää A, Korpelainen R, Väänänen H, Haapalahti J, Jämsä T, Leppäluoto J, editors. Effect of impact exercise on bone metabolism. journal of bone and mineral research; 2006: amer soc bone & mineral res 2025 m st, nw, ste 800, washington, dc 20036. <https://doi.org/10.1007/s00198-009-0881-6>

6. Sato S, Basse AL, Schöнке M, Chen S, Samad M, Altıntaş A, et al. Time of exercise specifies the impact on muscle metabolic pathways and systemic energy homeostasis. *Cell metabolism*. 2019;30(1):92-110. e4. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2019.03.013>
7. Aoyama S, Shibata S. The role of circadian rhythms in muscular and osseous physiology and their regulation by nutrition and exercise. *Frontiers in neuroscience*. 2017;11:63. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00063>
8. Malandish A, Sheikhlou Z, Tartibian B, Rahmati-Yamchi M. The effect of 12 weeks of aerobic exercise intervention on bone mineral density, expression of lymphocyte alkaline phosphatase gene and bone turnover markers in overweight postmenopausal women: a randomized controlled trial. *Journal of Exercise & Organ Cross Talk*. 2021;1(2):66-76. <https://doi.org/10.22034/JEOCT.2021.297932.1012>
9. Bijeh N, Moazami M, Mansouri J, Saeedeh Nematpour F, Ejtehad M. Effect of aerobic exercises on markers of bone metabolism in middle-aged women. *Kowsar Medical Journal*. 2011;16(2):129-35. (In persian)
10. Bakhtiyari M, Fathi M, Hejazi K. Effect of eight weeks of aerobic interval training on the serum concentrations of alkaline phosphatase, osteocalcin and parathyroid hormone in middle-aged men. *Gene Cell Tissue*. 2021;8(3):e111298. <https://doi.org/10.5812/gct.111298>
11. Alp A. Effects of Aerobic Exercise on Bone-Specific Alkaline Phosphatase and Urinary CTX Levels in Premenopausal Women. *Turkish Journal of Physical Medicine & Rehabilitation/Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi*. 2013;59.(4). <https://doi.org/10.4274/tftr.93546>
12. Thomas JM, Kern PA, Bush HM, McQuerry KJ, Black WS, Clasey JL, et al. Circadian rhythm phase shifts caused by timed exercise vary with chronotype. *JCI insight*. 2020;5.(3). <https://doi.org/10.1172/jci.insight.134270>
13. Swanson CM, Shea SA, Wolfe P, Cain SW, Munch M, Vujović N, et al. Bone turnover markers after sleep restriction and circadian disruption: a mechanism for sleep-related bone loss in humans. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2017;102(10):3722-30. <https://doi.org/10.1210/jc.2017-01147>
14. Luo B, Zhou X, Tang Q, Yin Y, Feng G, Li S, et al. Circadian rhythms affect bone reconstruction by regulating bone energy metabolism. *Journal of Translational Medicine*. 2021;19:1-15. <https://doi.org/10.1186/s12967-021-03068-x>
15. Fragala MS, Kraemer WJ, Denegar CR, Maresh CM, Mastro AM, Volek JS. Neuroendocrine-immune interactions and responses to exercise. *Sports Medicine*. 2011;41:621-39. <https://doi.org/10.2165/11590430-000000000-00000>
16. Gardinier JD, Mohamed F, Kohn DH. PTH signaling during exercise contributes to bone adaptation. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2015;30(6):1053-60. <https://doi.org/10.1002/jbmr.2432>
17. Qi Z, Liu W, Lu J. The mechanisms underlying the beneficial effects of exercise on bone remodeling: Roles of bone-derived cytokines and microRNAs. *Progress in Biophysics and Molecular biology*. 2016;122(2):131-9. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2016.05.010>
18. Ceylan Hİ, Saygın Ö, Özel Türkcü Ü. Assessment of acute aerobic exercise in the morning versus evening on asprosin, spexin, lipocalin-2, and insulin level in overweight/obese versus normal weight adult men. *Chronobiology International*. 2020;37(8):1252-68. <https://doi.org/10.1080/07420528.2020.1792482>
19. Chang CY, Rosenthal DI, Mitchell DM, Handa A, Kattapuram SV, Huang AJ. Imaging findings of metabolic bone disease. *Radiographics*. 2016;36(6):1871-87. <https://doi.org/10.1148/rg.2016160004>
20. Yu S, Tang Q, Lu X, Chen G, Xie M, Yang J, et al. Time of exercise differentially impacts bone growth in mice. *Nature Metabolism*. 2024.1036-52;(6)6; <https://doi.org/10.1038/s42255-024-01057-0>
21. Keikhsravi F, Daryanoosh F, Jahromi MK, Nemati J. High-Intensity Interval Training Effects with Genistein on Serum Osteocalcin and Bone Alkaline Phosphatase in Female Elderly Rats. *Journal of Nutrition, Fasting & Health*. 2021;9 (2). [DOI: 10.22038/JNFH.2020.49186.1269](https://doi.org/10.22038/JNFH.2020.49186.1269)
22. Bagheri L, Salami F, Hedayati M, Reisi J. Effect of aerobic training on estrogen, PTH, calcium, alkaline phosphatase and albumin, in postmenopausal women. *Iranian Journal of Ageing*. 2010;4(2):0. <http://salmandj.uswr.ac.ir/article-1-321-en.html> (In persian).
23. 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):768-76. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2009.06.001>
24. 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):1485-92. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3181d0fa7a>
25. Han Y, Kim Y-M, Kim HS, Lee KY. Melatonin promotes osteoblast differentiation by regulating Osterix protein stability and expression. *Scientific reports*. 2017;7(1):5716. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-06304-x>
26. Seo DY, Lee S, Kim N, Ko KS, Rhee BD, Park BJ, et al. Morning and evening exercise. *Integrative medicine research*. 2013;2(4):139-44. <https://doi.org/10.1016/j.imr.2013.10.003>

27. Radio NM, Doctor JS, Witt-Enderby PA. Melatonin enhances alkaline phosphatase activity in differentiating human adult mesenchymal stem cells grown in osteogenic medium via MT2 melatonin receptors and the MEK/ERK (1/2) signaling cascade. *Journal of pineal research*. 2006;42,-332: (4)40. <https://doi.org/10.1111/j.1600-079x.2006.00318.x>
28. Vasey C, McBride J, Penta K. Circadian rhythm dysregulation and restoration: the role of melatonin. *Nutrients*. 2021;13(10):3480. <https://doi.org/10.3390/nu13103480>.
29. Buxton OM, Lee CW, L'Hermite-Balériaux M, Turek FW, Van Cauter E. Exercise elicits phase shifts and acute alterations of melatonin that vary with circadian phase. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 2003;284(3):R714-R24. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00355.2002>
30. Babić Leko M, Pleić N, Gunjača I, Zemunik T. Environmental factors that affect parathyroid hormone and calcitonin levels. *International journal of molecular sciences*. 2021;23(1):44. <https://doi.org/10.3390/ijms23010044>
31. Abdi H, Bolboli L, Afroundeh R, Siahkohian M, Khajehlandi M. The Effect of One Course of Intense Interval Training on Serum Levels of Vitamin D, Heart Rate Variability and Lung Function in Male Smokers: A Quasi-Experimental Study. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*. 2021;20(3):277-96. <https://doi.org/10.52547/jrums.20.3.277>. (In persian).
32. Tsiaras WG, Weinstock MA. Factors influencing vitamin D status. *Acta Dermato Venereologica*. 2011;9115;(2)1. <https://doi.org/10.2340/00015555-0980>
33. Mazahery H, Von Hurst PR. Factors affecting 25-hydroxyvitamin D concentration in response to vitamin D supplementation. *Nutrients*. 2015;7(7):5111-42. <https://doi.org/10.3390/nu7075111>
34. Zhang J, Cao Z-B. Exercise: a possibly effective way to improve vitamin D nutritional status. *Nutrients*. 2022;14(13):2652. <https://doi.org/10.3390/nu14132652>
35. Khan S, Claeson M, Khan A, Neale R. The effect of physical activity on vitamin D: A systematic review and meta-analysis of intervention studies in humans. *Public Health in Practice*. 2024;100495. <https://doi.org/10.1016/j.puhip.2024.100495>
36. De-la-O A, Jurado-Fasoli L, Castillo MJ, Gutierrez A, Amaro-Gahete FJ. Effect of exercise training on 1, 25 (OH) 2D levels: the FIT-AGEING randomized controlled trial. *Sports Health*. 2022;14(4):518-26. <https://doi.org/10.1177/19417381211050033>
37. Rock CL, Emond JA, Flatt SW, Heath DD, Karanja N, Pakiz B, et al. Weight loss is associated with increased serum 25-hydroxyvitamin D in overweight or obese women. *Obesity*. 2012;20(11):2296-301. <https://doi.org/10.1038/oby.2012.57>
38. Malandish A, Tartibian B, Sheikhlou Z, Afsargharehbagh R, Rahmati M. The effects of short-term moderate intensity aerobic exercise and long-term detraining on electrocardiogram indices and cardiac biomarkers in postmenopausal women. *Journal of electrocardiology*. 2020;60:15-22. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2020.03.004>
39. Lithgow HM, Florida-James G, Leggate M. The combined effect of high-intensity intermittent training and vitamin D supplementation on glycemic control in overweight and obese adults. *Physiological reports*. 2018;6(9):e13684. <https://doi.org/10.14814/phy2.13684>
40. Bouassida A, Latiri I, Bouassida S, Zalleg D, Zaouali M, Feki Y, et al. Parathyroid hormone and physical exercise: a brief review. *Journal of sports science & medicine*. 2006;5(3):367. PMID: PMC3842136
41. 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):203-8. <https://doi.org/10.2114/jpa.22.203>
42. Vainionpää A, Korpelainen R, Väänänen H, Haapalahti J, Jämsä T, Leppäluoto J. Effect of impact exercise on bone metabolism. *Osteoporosis international*. 2009;20:1725-33. <https://doi.org/10.1007/s00198-009-0881-6>
43. Maimoun L, Manetta J, Couret J, Dupuy A, Mariano-Goulart D, Micallef J, et al. The intensity level of physical exercise and the bone metabolism response. *International journal of sports medicine*. 2006;27(02):105-11. <https://doi.org/10.1055/s-2005-837621>
44. Xie J, Guo J, Kanwal Z, Wu M, Lv X, Ibrahim NA, et al. Calcitonin and bone physiology: in vitro, in vivo, and clinical investigations. *International Journal of Endocrinology*. 2020;2020(1):3236828. <https://doi.org/10.1155/2020/3236828>
45. Klausen T, Breum L, Sørensen HA, Schifter S, Sonne B. Plasma levels of parathyroid hormone, vitamin D, calcitonin, and calcium in association with endurance exercise. *Calcified tissue international*. 1993;52:205-8. <https://doi.org/10.1007/bf00298719>
46. 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; 05(02):267-75. <https://doi.org/10.1142/s0219519405001461>