

تأثیر ۹ هفته تمرینات هوازی شدید و مصرف مکمل کلسیم و ویتامین D بر پاسخ متابولیکی نشانگرهای زیستی تشکیل استخوان در زنان جوان

بختیار ترتیبیان^۱، جواد طلوعی آذر^۲، نرمین موتاب ساعی^۳

۱. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه ارومیه، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه تهران، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی
۳. کارشناس ارشد تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی

چکیده

زمینه و هدف: هدف تحقیق حاضر، بررسی تأثیر ۹ هفته تمرینات هوازی شدید و مصرف مکمل کلسیم و ویتامین D بر نشانگرهای تشکیل استخوان در زنان جوان بود.

مواد و روش کار: ۴۴ زن غیر ورزشکار سالم با میانگین سنی $27/18 \pm 3/65$ سال، به صورت تصادفی در چهار گروه (۱- تمرین، ۲- مکمل کلسیم و ویتامین D، ۳- تمرین و مکمل، ۴- کنترل) داوطلب شرکت در پژوهش شدند. تمرینات به مدت نه هفته، هفته‌ای سه جلسه و به مدت ۳۰ تا ۴۵ دقیقه اجرا شد. از گروه‌های تجربی و کنترل قبل و بعد از اتمام برنامه تمرینی در شرایط ناشتا نمونه‌گیری خونی و ادرار به عمل آمد. غلظت الکالین فسفاتاز با روش DGKC و غلظت پروکلاژن نوع C، ترمینال (PICP) به روش HPLC اندازه‌گیری شد. داده‌های تحقیق با استفاده از آزمون‌های آماری t جفت شده و ANCOVA، تجزیه و تحلیل شدند ($p < 0/05$).

یافته‌ها: ALP و PICP در گروه‌های تمرین ($p = 0/001$) و تمرین + مکمل ($p = 0/001$)، افزایش معنی‌داری یافتند. در گروه مکمل، الکالین فسفاتاز و پروکلاژن نوع ۱، C-ترمینال، کاهش معنی‌داری داشتند ($p = 0/001$)، در حالی که، در گروه کنترل تفاوت معنی‌دار نبود.

نتیجه‌گیری: در مجموع یافته‌های تحقیق نشان می‌دهند که تمرینات هوازی شدید و دریافت مناسب کلسیم و ویتامین D اثر مطلوبی در کسب توده استخوانی در سنین جوانی و کاهش خطر شکستگی دارند با وجود این، اثبات این ادعا نیازمند تحقیقات بیشتری می‌باشد. [م ت ع پ ز، ():]

کلیدواژه‌ها: الکالین فسفات، کربوکسی ترمینال پروپیتید کلاژن نوع ۱، تمرینات هوازی شدید، مکمل کلسیم و ویتامین D، زنان جوان

مقدمه

D در دستگاه اسکلتی، افزایش جذب روده‌ای کلسیم و معدنی شدن ماتریکس استخوانی می‌باشد. از نقطه نظر بیولوژیکی، مکمل‌های کلسیم و ویتامین D سرعت تخریب توده استخوانی و خطر شکستگی را کاهش می‌دهند. Ian Reid و همکاران، کاهش معنی‌داری در میزان الکالین فسفاتاز و PICP بعد از ۵ سال مصرف کلسیم به میزان ۱ گرم در روز را در زنان یائسه گزارش کردند. Baecker^۸ و همکاران، نیز کاهش PICP را در دو گروه از مردان با میانگین سنی ۲۳ و ۲۵ سال بعد از مصرف ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلسیم در روز گزارش نمودند.^۹

این در حالی است که زنان جامعه ما اغلب فاقد فعالیت ورزشی مرتب هستند. آمار حاکی است که در ایران تنها ۱۱ درصد دختران در سن ۱۶ سالگی به فعالیت‌های مداوم ورزشی می‌پردازند.^{۱۰} هم‌چنین طبق آمار انستیتو تحقیقات تغذیه ایران، ۹۰ درصد خانواده‌های ایرانی کمتر از حد استاندارد کلسیم دریافت می‌کنند.^{۱۱} این مسئله باعث کاهش سن ابتلا به پوکی استخوان در زنان ایرانی به ۳۵ سال شده است. هم‌چنین، در ایران در طول یک سال، حدود ۳۶ هزار و ۷۶۱ سال از عمر کل جامعه به علت این بیماری از دست می‌رود.^۱ لذا پژوهش حاضر با هدف پیش‌آگهی و پیشگیری از بروز شکستگی‌های استخوانی زودرس، به بررسی تأثیر نه هفته برنامه تمرینات هوازی شدید، مصرف مکمل‌های کلسیم و ویتامین D، بر نشانگرهای زیستی متابولیسم استخوان در زنان جوان پرداخته است.

طبق گزارشات سازمان بهداشت جهانی (WHO)، پوکی استخوان به عنوان سومین معضل بهداشتی و به نام اپیدمی خاموش معرفی شده است. بر طبق نتایج تحقیقات ۴۰ درصد از دوره زندگی زنان جوان را خطر شکستگی ناشی از پوکی استخوان تهدید می‌کند.^۱ اهمیت استئوپروز در قرن حاضر بیشتر مشخص می‌شود زیرا، این وضعیت از سن ۲۰ تا ۳۵ سالگی با شدت ۱ تا ۵ درصد در سال شروع شده و بعد از یائسگی به چندین برابر هم افزایش پیدا می‌کند.^{۳-۲}

یکی از مهم‌ترین نشانگرهای زیستی بافت استخوان، کربوکسی ترمینال پروپیتید کلاژن نوع ۱ (PICP) است. این شاخص سنتزی، از فیبریل‌های پروکلاژن تولید شده و ۲۰ تا ۲۵ درصد از کل پروتئین بدن را تشکیل می‌دهد. تحقیقات مختلف گزارش کرده‌اند که ورزش‌های کوتاه مدت اثرات کمی بر PICP گردش خون بازی می‌کنند.^{۵،۶} ولی تمرینات هوازی شدید اثرات مطلوبی در تعادل بین جذب و تشکیل استخوان طی کاهش وزن دارد.^۵ الکالین فسفاتاز نیز از نشانگرهای تشکیل استخوان و یک گلیکوپروتئین تترامریک می‌باشد. در بافت استخوان، استوبلاست‌ها منشا عظیمی از الکالین فسفاتاز هستند و سطوح سرمی آن‌ها منعکس کننده فعالیت استوبلاستیکی می‌باشد. فعالیت بدنی موجب اثر آنابولیکی الکالین فسفاتاز در متابولیسم استخوان می‌شود.^۷ از طرفی، در بافت استخوان، ذخیره کلسیم به عنوان تنظیم کننده درون سلولی در پاسخ به ورزش بیشتر می‌شود. هم‌چنین، نقش ویتامین

روش کار

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی است. با توجه به معیارهای آماری و شیوه‌های استاندارد در بررسی بافت استخوان، مکمل و ورزش در این پژوهش نیز از یک طرح آزمایشی با چهار گروه، شامل سه گروه تجربی و یک گروه کنترل استفاده شد. پژوهش حاضر در شهرستان ارومیه و در سال ۱۳۸۸ انجام شد. در این پژوهش، زنان غیر ورزشکار سالم با دامنه سنی ۲۰ تا ۳۵ سال که حائز شرایط، عدم وجود سابقه بیماری اثرگذار بر متابولیسم استخوان، عدم درمان دارویی در زمان پژوهش و نداشتن هر گونه سابقه ورزشی منظم (حداقل ۶ ماه پیش از شرکت در پژوهش) بودند، پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه در پژوهش حاضر شرکت نمودند. آزمودنی‌ها به طور تصادفی به چهار گروه (سه گروه تجربی و یک گروه کنترل) تقسیم شدند.

گروه تجربی ۱، به عنوان گروه تمرین در نظر گرفته شد و تعداد ۱۱ نفر آزمودنی در این گروه قرار گرفت. آزمودنی‌های این گروه، به مدت نه هفته، به طور مرتب هفته‌ای سه جلسه، به مدت ۳۰ تا ۴۵ دقیقه با شدت ۷۰ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب برآوردی به فعالیت پرداختند.

گروه تجربی ۲، به عنوان گروه تمرین به همراه مصرف مکمل بودند و ۱۱ آزمودنی در این گروه قرار داشتند. زنان جوان در این گروه علاوه بر این که به مدت نه هفته، به طور مرتب هفته‌ای سه جلسه به مدت ۳۰ تا ۴۵ دقیقه با شدت ۷۰ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب برآوردی به فعالیت می‌پرداختند، روزانه نیز از مکمل‌های کلسیم و ویتامین D طبق واحد بین المللی برای سنین ۱۹ تا ۵۰ سال، ۱۰۰۰ میلی‌گرم کلسیم در روز و برای سنین ۱ تا ۵۰ سال، ۲۰ IU ویتامین D مصرف نمودند.

گروه تجربی ۳، گروه مکمل در نظر گرفته شد و شامل ۱۱ آزمودنی بود. آزمودنی‌ها به مدت نه هفته، هر روز از مکمل‌های کلسیم و ویتامین D طبق واحد بین المللی برای سنین ۱۹ تا ۵۰ سال، ۱۰۰۰ میلی‌گرم کلسیم در روز و برای سنین ۱ تا ۵۰ سال، ۲۰ IU ویتامین D، مصرف کردند. افراد این گروه در برنامه تمرینات ورزشی شرکت نداشتند.

گروه کنترل، این گروه نیز از تعداد ۱۱ آزمودنی که در هیچ نوع فعالیت ورزشی شرکت نداشته و مکمل کلسیم و ویتامین D نیز دریافت نمی‌کردند، تشکیل شد.

به منظور کنترل نسبی تغذیه آزمودنی‌ها از روش یادآوری غذایی و یادآمد سه روزه غذایی و نیز خود گزارش تغذیه‌ای استفاده شد.^{۱۲} وضعیت تندرستی و سابقه خانوادگی آزمودنی‌ها توسط پرسشنامه تندرستی هنجار شده مورد ارزیابی قرار گرفت.^{۱۳} متغیرهای زمینه‌ای قد (سانتی‌متر) و وزن (کیلوگرم) به ترتیب با استفاده از دستگاه قدسنج و ترازوی دیجیتالی مدل Seca ساخت آلمان و درصد چربی و شاخص توده بدنی با استفاده از دستگاه Body logic/body fat analyzer مدل OMRON ساخت فنلاند، فشارخون و ضربان قلب با استفاده از فشار سنج و ضربان سنج دیجیتالی (مدل MBO، Digimad 16، ساخت انگلیس) اندازه‌گیری شدند. از آزمودنی‌های گروه تجربی و کنترل در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون به منظور اندازه‌گیری عوامل الکالین فسفاتاز و پروکلاژن نوع ۱-C تریمینال در شرایط ناشتا نمونه-

گیری خونی و ادرار به عمل آمد. در این پژوهش، به منظور تعیین سطح ضربان قلب تمرینات، پیش‌آزمون اولیه‌ای با حضور ۱۵ نفر از آزمودنی‌ها به عمل آمد و دامنه ضربان قلب تمرینات آزمودنی‌ها با استفاده از فرمول کارونن در فشار کار ۷۰ تا ۸۰ درصد ضربان قلب فعالیت برابر ۱۳۶ تا ۱۸۰ ضربه در دقیقه برآورد گردید. برنامه تمرینات به مدت نه هفته و در وقت صبح، هفته‌ای سه جلسه و به مدت ۳۰ تا ۴۵ دقیقه اجرا می‌شد. ضربان قلب استراحت و فشار خون استراحت قبل از شروع هر نوع فعالیتی برآورد و ثبت می‌شد، ضربان قلب تمرین و فشارخون تمرینات نیز در حین اجرای فعالیت در آزمودنی‌ها برآورد و ثبت می‌گردید. آزمودنی‌ها طی دو هفته قبل از شروع برنامه اصلی تمرینات، در شدت تمرینات متوسط فعالیت نمودند، تا به تدریج به فشار کار اصلی ۷۰ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب فعالیت سازگار شوند، بعد از این مرحله، برنامه اصلی تمرینات با فشار کار ۷۰ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب فعالیت اعمال گردید. برنامه تمرینات شامل مراحل زیر بود:

یک دقیقه راه رفتن آرام، پنج دقیقه حرکات کششی و نرمشی، ده دقیقه گرم کردن اختصاصی (حرکات جنبشی) و تقریباً ۳۵ دقیقه تمرینات هوازی شدید به عنوان برنامه تمرینی اصلی با شدت ۷۰ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب فعالیت، شامل ۷ تا ۱۰ دقیقه دویدن روی نوارگردان مدل Quinton track 3 ساخت آمریکا با شدت و سرعت‌های تعیین شده، ۴ دقیقه طناب زدن، ۴ دقیقه پرش ارتفاع و پرش به شکل‌های مختلف از تخته استپ، ۵ دقیقه تمرین ترکیبی از دویدن و طناب زدن، ۷ دقیقه بازی‌های متنوع با توپ، تمرینات دو نفره سریع و در نهایت ۵ دقیقه تمرینات برگشت به حالت اولیه. مکمل کلسیم و ویتامین D به تعداد ۱۵ قوطی حاوی ۱۰۰ عدد قرص Caltrex کلسیم ۵۰۰ میلی‌گرم و نیز ۲۰ IU ویتامین D ساخت USA از شرکت دارویی توزیع پخش ایران تهیه شد. گروه‌های تجربی ۲ و ۳ بر اساس دستورالعمل استاندارد، دوزهای معینی از این مکمل‌ها را در طول مدت پژوهش دریافت نمودند.

میزان الکالین فسفاتاز توسط کیت تشخیص کمی الکالین فسفاتاز پلاسما شرکت پارس آزمون با روش DGKC (کینتیک فتومتری) منطبق با روش استاندارد انجمن بیوشیمی آلمان تعیین گردید.^{۱۴} جهت آنالیز نمونه‌های ادرار از روش HPLC مجهز به شناساگر فلورسانس استفاده شد. روش مذکور اخیراً توسعه یافته و در United states patent در سال ۱۹۹۷ به ثبت رسیده است و قابلیت آنالیز PICP در نمونه ادرار را به خوبی دارا می‌باشد. دقت ویژه در این روش با افزودن استاندارد داخلی سنتزی مشتقات (pyridinoline) امکان‌پذیر می‌گردد. زمان آنالیز برای هر نمونه در این روش ۳۰ دقیقه بوده و مزیت‌های ویژه‌ای نسبت به روش‌های Radioimmunoassay و ELIZA دارد.^{۱۵}

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از آمار توصیفی و آزمون‌های آماری *t* جفت شده (درون گروهی) و ANCOVA (مقایسه گروه‌ها با تعدیل عامل زمان و مقادیر پایه) در سطح معنی‌داری $p < 0.05$ استفاده گردید. جهت همسان سازی و توزیع نرمال داده‌ها از آزمون کولموگروف اسمیرنوف استفاده شد. در تحلیل داده‌ها از نرم افزار آماری SPSS-17 استفاده گردید.

یافته ها

۷۰ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب فعالیت و به همراه مصرف مکمل افزایش معنی داری یافت ($p=0/01$)، مقادیر سطوح PICP نیز پس از نه هفته تمرین و مصرف مکمل افزایش معنی داری داشت ($p=0/001$)، (جدول ۲، نمودار ۱ و ۲). از سوی دیگر، الکالین فسفاتاز سرم آزمودنی های گروه مکمل بعد از نه هفته مصرف مکمل کلسیم و ویتامین D کاهش معنی داری داشت ($p=0/001$). میزان PICP سرم زنان جوان گروه مکمل نیز بعد از نه هفته مصرف مکمل کلسیم و ویتامین D کاهش معنی داری یافت ($p=0/001$). (جدول ۲، نمودار ۱ و ۲).

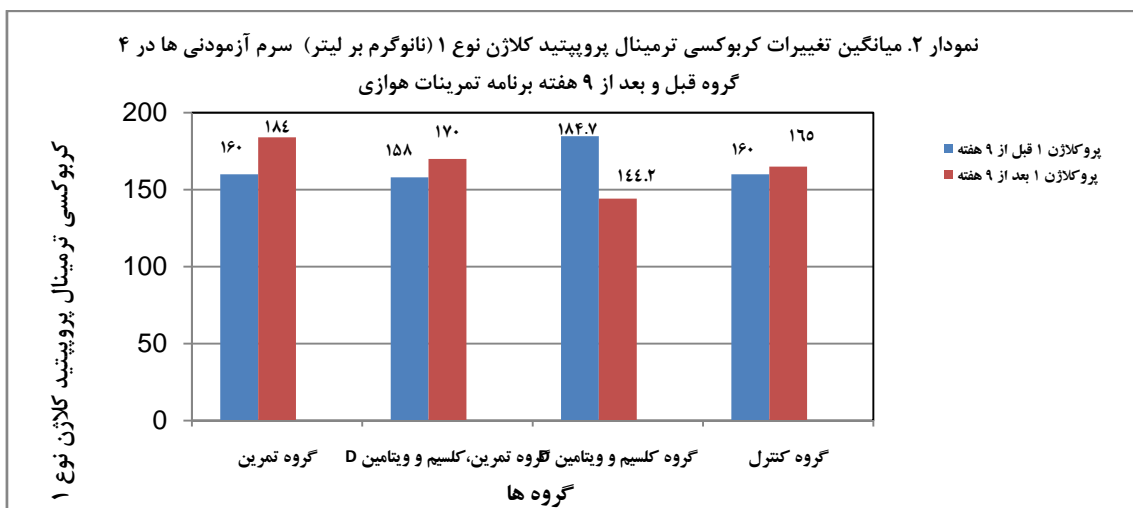
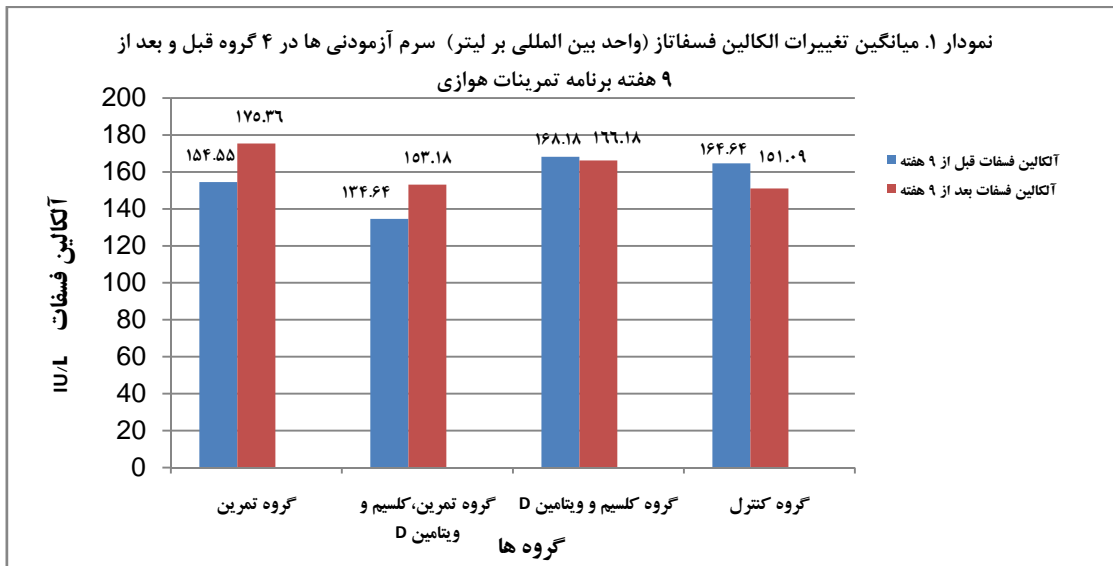
در جدول ۱ ویژگی های فیزیولوژیک و آنتروپومتریک آزمودنی های جوان نشان داده شده است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میزان الکالین فسفاتاز در گروه تمرین، پس از نه هفته برنامه تمرینات هوازی، به طور معنی - داری افزایش یافت ($p=0/001$)، هم چنین، با توجه به مقادیر سطح معنی - داری، PICP سرم زنان جوان گروه تمرین بعد از نه هفته فعالیت بدنی شدید با شدت ۷۰ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب فعالیت افزایش معنی داری داشت ($p=0/001$)، (جدول ۲، نمودار ۱ و ۲). هم چنین، الکالین فسفاتاز سرم آزمودنی های گروه تمرین و مکمل بعد از نه هفته فعالیت بدنی شدید با شدت

جدول ۱. ویژگی های فیزیولوژیک و آنتروپومتریک آزمودنی ها

گروه	تمرین	کلسیم و ویتامین D	کنترل	جمع	متغیر
	تعداد	۱۱	۱۱	۴۴	
سن (سال)	Mean±SD	۲۷±۴/۲	۲۸/۴۵±۴/۲۳	۲۷/۱۸±۳/۶۵	۲۷/۱۸±۳/۶۵
قد (سانتی متر)	Mean±SD	۱۶۰/۱۴±۶/۱۷	۱۵۹/۶۴±۴/۳۲	۱۶۰/۰۶±۶/۰۲	۱۶۰/۰۶±۶/۰۲
وزن (کیلوگرم)	Mean±SD	۵۷/۲۳±۱۱/۱۸	۵۹/۲۷±۷/۰۸	۵۷/۴۷±۷/۹۶	۵۷/۴۷±۷/۹۶
درصد چربی (%)	Mean±SD	۲۴/۹۵±۶/۱۲	۲۷/۴۵±۲/۴۶	۲۵/۵۰±۵/۱۰	۲۵/۵۰±۵/۱۰
BMI	Mean±SD	۲۲/۳۵±۴/۳۰	۲۳/۱۷±۲/۱۶	۲۲/۴۷±۲/۹۹	۲۲/۴۷±۲/۹۹
فشار خون سیستول	Mean±SD	۱۰۶/۵۵±۵/۳۹	۱۰۸/۲۷±۴/۹۶	۱۰۹/۰۲±۶/۴۷	۱۰۹/۰۲±۶/۴۷
استراحت (میلی مترجیوه)	Mean±SD	۶۷/۹۱±۴/۳۷	۶۷/۲۷±۳/۵۰	۶۷/۵۰±۲۵/۶۰	۶۷/۵۰±۲۵/۶۰
فشار خون دیاستول	Mean±SD	۶۷/۹۱±۴/۳۷	۶۷/۲۷±۳/۵۰	۶۷/۵۰±۲۵/۶۰	۶۷/۵۰±۲۵/۶۰
استراحت (میلی مترجیوه)	Mean±SD	۶۷/۹۱±۴/۳۷	۶۷/۲۷±۳/۵۰	۶۷/۵۰±۲۵/۶۰	۶۷/۵۰±۲۵/۶۰
ضربان قلب استراحت	Mean±SD	۷۶/۰۹±۳/۷۰	۷۵/۶۴±۵/۲۶	۷۴/۴۱±۵/۱۶	۷۴/۴۱±۵/۱۶
(ضربه در دقیقه)	Mean±SD	۷۶/۰۹±۳/۷۰	۷۵/۶۴±۵/۲۶	۷۴/۴۱±۵/۱۶	۷۴/۴۱±۵/۱۶

جدول ۲. میانگین تغییرات الکالین فسفاتاز و پروکلژن نوع ۱، C- ترمینال در آزمودنی های گروه تمرین، گروه تمرین و مکمل و گروه مکمل قبل و بعد از ۹ هفته برنامه تمرینات هوازی

گروه ها	متغیر (واحد)	پیش از	پس از	p
گروه تمرین	ALP (Iu/l)	۱۵۴/۵۵ ± ۲۷/۹۰	۱۷۵/۳۶ ± ۲۸/۱۶	۰/۰۰۱
	PICP (ng/ml)	۱۶۰/۰۰ ± ۵۳	۱۸۴ ± ۴۹	۰/۰۰۱
گروه تمرین و مکمل	ALP (Iu/l)	۱۳۴/۶۴ ± ۱۰/۵۲	۱۵۳/۱۸ ± ۱۲/۹۵	۰/۰۰۱
	PICP (ng/ml)	۱۵۸ ± ۴۱	۱۷۰ ± ۵۵	۰/۰۰۱
گروه مکمل	ALP (Iu/l)	۱۶۸/۱۸ ± ۱۷/۰۰	۱۶۶/۱۸ ± ۱۶/۹۹	۰/۰۰۱
	PICP (ng/ml)	۱۸۴/۷ ± ۱۱/۴	۱۴۴/۲ ± ۱۲/۵	۰/۰۰۱



بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که الکالین فسفاتاز (IU/L) بعد از نه هفته تمرینات هوازی با شدت ۷۰ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب فعالیت، افزایش معنی داری یافت، به گونه ای که این افزایش برابر ۱۱/۸۶ درصد بود، لیکن غلظت الکالین فسفاتاز در گروه کنترل تغییرات معنی داری نداشت. در مقایسه گروه ها، اختلاف معنی داری در میزان الکالین فسفاتاز گروه تمرین نسبت به گروه های مکمل و کنترل وجود داشت و تنها بین گروه تمرین و گروه تمرین - مکمل اختلاف معنی داری مشاهده نشد. میزان الکالین فسفاتاز در گروه تمرین، افزایشی برابر ۵/۲۳ درصد نسبت به گروه مکمل و همچنین افزایشی برابر ۱۳/۸۵ درصد نسبت به گروه کنترل داشت. Hinton و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که غلظت الکالین فسفاتاز پس از ۶ هفته پیاده روی سریع با شدت ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب برآوردی به مدت ۴۵ دقیقه افزایش معنی داری پیدا کرد.^۵ در تحقیق دیگری Whipple و همکاران (۲۰۰۴) افزایش معنی داری در مقادیر الکالین فسفاتاز بعد از یک جلسه فعالیت استقامتی به مدت ۴۵ دقیقه گزارش کردند.^{۱۶} در پژوهش حاضر به نظر می رسد که شدت تمرین اثر مثبت بر سطوح سرم الکالین فسفاتاز گردش خون دارد. به گونه ای که افزایش الکالین فسفاتاز در این مطالعه، باعث انتقال فشارهای مکانیکی به درون سیگنال های بیوشیمیایی شده و تشکیل یا مینرالیزاسیون استخوان را افزایش می دهد (فرضیه انتقال فشارهای مکانیکی).^{۱۷} هم چنین نتایج پژوهش حاضر، از این نظریه که نشانگرهای زیستی استخوان منعکس کننده مراحل مختلف تکثیر سلول های استئوبلاستیک و عملکرد آن هاست حمایت می نماید.^{۱۸} نتایج پژوهش حاضر با یافته های تحقیقی Tosun و همکاران، Maimoun و همکاران همخوانی داشت.^{۱۹} از سوی دیگر اثر مصرف مکمل کلسیم و ویتامین D در کاهش خطر شکستگی های ران و ستون مهره ها در تحقیقات مختلف بسیار گزارش شده است.^۸ در پژوهش حاضر مصرف مکمل های کلسیم و ویتامین D طبق واحد بین المللی برای سنین ۱۹ تا ۵۰ سال ۱۰۰۰ میلی گرم کلسیم در روز و

جلسه فعالیت استقامتی به مدت ۴۵ دقیقه گزارش کردند.^{۱۶} در پژوهش حاضر به نظر می رسد که شدت تمرین اثر مثبت بر سطوح سرم الکالین فسفاتاز گردش خون دارد. به گونه ای که افزایش الکالین فسفاتاز در این مطالعه، باعث انتقال فشارهای مکانیکی به درون سیگنال های بیوشیمیایی شده و تشکیل یا مینرالیزاسیون استخوان را افزایش می دهد (فرضیه انتقال فشارهای مکانیکی).^{۱۷} هم چنین نتایج پژوهش حاضر، از این نظریه که نشانگرهای زیستی استخوان منعکس کننده مراحل مختلف تکثیر سلول های استئوبلاستیک و عملکرد آن هاست حمایت می نماید.^{۱۸} نتایج پژوهش حاضر با یافته های تحقیقی Tosun و همکاران، Maimoun و همکاران همخوانی داشت.^{۱۹} از سوی دیگر اثر مصرف مکمل کلسیم و ویتامین D در کاهش خطر شکستگی های ران و ستون مهره ها در تحقیقات مختلف بسیار گزارش شده است.^۸ در پژوهش حاضر مصرف مکمل های کلسیم و ویتامین D طبق واحد بین المللی برای سنین ۱۹ تا ۵۰ سال ۱۰۰۰ میلی گرم کلسیم در روز و

گروه کنترل داشت. Wagner و همکاران، افزایش الکالین فسفاتاز متعاقب ۱۲ هفته رژیم مکمل کلسیم ۷۵۰ میلی گرم در روز و برنامه ورزشی ۳ روز در هفته در زنان جوان را گزارش کردند.^{۲۵}

همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد که کلاژن نوع ۱ تحت تاثیر نه هفته تمرینات هوازی با شدت ۷۰ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب فعالیت افزایش معنی داری (۱۵٪) یافت. اما کلاژن نوع ۱ در گروه کنترل تغییرات معنی داری نداشت. در مقایسه گروه‌ها، اختلاف معنی داری در میزان کلاژن نوع ۱ گروه تمرین نسبت به گروه‌های مکمل و کنترل وجود داشت به طوری که میزان کلاژن نوع ۱ گروه تمرین افزایشی برابر ۲۱/۶۳ درصد نسبت به گروه مکمل و هم‌چنین افزایشی برابر ۱۰/۳۲ درصد نسبت به گروه کنترل داشت. Brahm و همکاران، افزایش معنی دار نشانگرهای زیستی تشکیل استخوان (PICP) را بعد از ۳۵ دقیقه دویدن با شدت ۴۷ تا ۷۶ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی بر روی نوارگردان گزارش کردند.^{۲۶} Whipple و همکاران، نیز افزایش معنی دار کلاژن نوع ۱ را در مردان غیر ورزشکار بعد از یک جلسه ۴۵ دقیقه‌ای تمرین مقاومتی گزارش کردند.^{۲۷} با این حال ساز و کار مهم در تشکیل کلاژن نوع ۱، تنظیم آنزیمی توسط پروکلاژن C پروتیناز (PCP) می‌باشد که موجب تقسیم PICP از پرو کلاژن به فرم غیر محلول کلاژن می‌شود و گزارش شده است که ساز و کار فشارهای فیزیکی موجب بیان ژن PCP می‌گردد و به موجب آن سنتز و پردازش پرو کلاژن به وسیله فشارهای مکانیکی افزایش پیدا می‌کند.^{۲۸} ساز و کار دیگر، نقش فاکتورهای رشد مشتق شده از پلازما از جمله، اینترلوکین ۱، TGF-Beta، Plasma- (PDGF) derived growth factor در سنتز کلاژن و اثرات آن‌ها در فعالیت فیرو بلاست‌ها می‌باشند.^{۲۹} بدین صورت که در تاندون‌ها، بر اثر فشارهای مکانیکی، این فاکتورها افزایش می‌یابند. چنین تغییراتی باعث سیگنال‌دهی، جهت بیان ژن پرو کلاژن و فرایند پردازش در فیرو بلاست‌ها می‌گردد.^{۳۰} هم‌چنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد که، تغییرات میزان کلاژن نوع ۱ در گروه مکمل که به مدت نه هفته، روزانه ۱۰۰۰ میلی گرم کلسیم و ۲۰۰ IU ویتامین D مصرف می‌کردند، به طور معنی داری (۲۱/۹۲٪) کاهش یافت. در مقایسه گروه‌ها نیز اختلاف معنی داری در میزان کلاژن نوع ۱ گروه مکمل نسبت به گروه‌های تمرین، تمرین و مکمل و نیز گروه کنترل وجود داشت. کلاژن نوع ۱ در گروه مکمل، کاهشی برابر ۱۸ درصد نسبت به گروه مکمل و تمرین و کاهشی برابر ۱۴/۶ درصد نسبت به گروه کنترل و هم‌چنین کاهشی برابر ۲۴/۶ درصد نسبت به گروه تمرین داشت. Marlina و همکاران، در زنان (۲۰-۳۵ سال)، کاهش معنی دار پرو کلاژن نوع ۱-C تریمینال را بعد از ۱۶ هفته مصرف ۱۰۰۰ میلی گرم کلسیم در روز گزارش کردند.^{۳۱} Baecker و همکاران، نیز کاهش پرو کلاژن نوع ۱-C تریمینال را در دو گروه از مردان با میانگین سنی ۲۳ و ۲۵ سال بعد از مصرف ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی گرم کلسیم در روز گزارش نمودند.^۹ اما Zittermann و همکاران، هیچ تغییری را در غلظت PICP زنانی (با میانگین سنی ۲۵/۵ سال) که روزانه و برای مدت ۴ هفته گندم و سبوس گندم مصرف می‌کردند،

برای سنین ۱ تا ۵۰ سال ۲۰۰ IU ویتامین D در روز در نظر گرفته شده بود. لذا، نتایج پژوهش حاضر بر پایه همین مقدار استاندارد نشان داد که، تغییرات میزان الکالین فسفاتاز در گروه مکمل که به مدت ۹ هفته، ۱۰۰۰ میلی گرم کلسیم در روز، ۲۰۰ IU ویتامین D در روز مصرف می‌کردند، به طور معنی داری کاهش یافت، به گونه‌ای که این کاهش برابر ۱/۲ درصد بود و با وجود این، در مقایسه گروه‌ها، اختلاف معنی داری در میزان الکالین فسفاتاز گروه مکمل نسبت به گروه‌های تمرین و کنترل وجود داشت، تنها بین گروه مکمل و گروه تمرین و مکمل اختلاف معنی داری مشاهده نشد. میزان الکالین فسفاتاز در گروه مکمل افزایشی برابر ۷/۸۲ درصد نسبت به گروه مکمل و تمرین، و افزایشی برابر ۹/۰۸ درصد نسبت به گروه کنترل داشت، هم‌چنین کاهشی برابر ۵/۵۲ درصد نسبت به گروه تمرین مشاهده گردید. Eskiuyurt و همکاران، نشان دادند که مصرف روزانه ۱۰۰۰ میلی گرم کلسیم، ۳۰۰ میلی گرم سیترات، ۸۰۰ IU ویتامین D موجب کاهش معنی داری در نشانگرهای زیستی متابولیسم استخوان و افزایش تراکم معدنی استخوان طی یک دوره ۱۲ ماه می‌شوند.^{۲۰} مصرف کوتاه مدت مکمل کلسیم و ویتامین D فرایند جذب و تشکیل استخوان را کاهش می‌دهد، این اثر زودگذر هنگامی رخ می‌دهد که فعالیت واحدهای تغییر و تبدیل استخوان جدید سرکوب شوند و واحدهایی که در حال کامل شدن هستند پروسه برنامه تنظیم شده خود را گسترش دهند. این عدم تعادل موقت بین تعدادی از واحدهای جدید و قدیمی موجب تکوین افزایش ویژه در واحد استخوانی می‌شود تا شرایط به یک وضعیت ثابت جدید برسد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج Reid و همکاران و Meunier و همکاران در خصوص کاهش معنی دار الکالین فسفاتاز هم‌خوانی داشت.^{۸،۲۱} Doyle و همکاران، تغییر معنی داری در سطوح نشانگرهای تشکیل استخوان (استئوکلسین، الکالین فسفات) متعاقب مصرف مکمل لینولئیک اسید در مردان ۳۹ تا ۶۴ ساله، مشاهده نکردند.^{۲۲} Palacios و همکاران، متعاقب شش ماه مصرف شیر غنی شده با ۱۲۰۰ میلی گرم کلسیم در روز در زنان یائسه تغییر معنی داری در الکالین فسفاتاز مشاهده نکردند.^{۲۳} هم‌چنین Kenny و همکاران، اثرات کربنات کلسیم و سیترات به همراه IU ۹۰۰ ویتامین D در روز به مدت ۱۲ ماه در زنان یائسه را بررسی کردند و تغییرات معنی داری در میزان الکالین فسفاتاز مشاهده نکردند.^{۲۴} شاید دلیل مغایرت تحقیقات فوق با پژوهش حاضر، در نوع مکمل و دوزهای مصرفی، مدت زمان مصرف، عامل جنس ذکر کرد. هم‌چنین نتایج این پژوهش نشان داد که میزان الکالین فسفاتاز در گروه تمرین و مکمل که به مدت ۹ هفته تمرینات هوازی را با شدت ۷۰ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب فعالیت انجام می‌دادند و همراه آن روزانه ۱۰۰۰ میلی گرم کلسیم و ۲۰۰ IU ویتامین D مصرف می‌کردند، افزایش معنی داری (۱۲/۱٪) یافت. در مقایسه گروه‌ها، اختلاف معنی داری در میزان الکالین فسفاتاز گروه تمرین و مکمل نسبت به گروه تمرین و گروه مکمل مشاهده نشد، تنها اختلاف معنی دار با گروه کنترل مشاهده گردید. به طوری که میزان الکالین فسفاتاز گروه تمرین و مکمل کاهشی برابر ۱۴/۴۷ درصد نسبت به گروه تمرین، کاهشی برابر ۸/۴۸ درصد نسبت به گروه مکمل و هم‌چنین افزایشی برابر ۱/۳۶ درصد نسبت به

تمرینات هوازی شدید و مصرف مکمل کلسیم و ویتامین D در زنان جوان، تغییرات برجسته‌ای در نشانگرهای زیستی متابولیسم استخوان جهت ایجاد تراکم توده استخوانی در سنین جوانی و کاهش خطر شکستگی در مراحل بعدی زندگی به وجود می‌آورد که بیانگر تاثیر مطلوب نوع ورزش، شدت، مدت فعالیت و هم‌چنین مصرف کافی و مناسب دوزهای مکمل کلسیم و ویتامین D طبق واحد بین‌المللی در زنان جوان می‌باشد. با این حال، پیگیری درک ساز و کارهای اثرگذار فعالیت‌های بدنی با شدت‌های مختلف و مصرف مکمل‌های گوناگون با دوزهای مختلف روی متابولیسم استخوان در زنان جوان به تحقیقات آتی بیشتری نیاز دارد.

سیاسگزاری

بدین وسیله نویسندگان مراتب سپاس خویش را از همکاری کلیه بانوان حاضر در این پژوهش اعلام می‌دارند.

References

1. Nejati S, Rasoulza N, Sedighiya A. [The effectiveness of education on prevention of osteoporosis among high school female students] [Persian]. *Hayat* 2009; 15(3): 80.
2. Bohaty K, Rocole H, Wehling K and Waltman N. Testing the effectiveness of an educational intervention to increase dietary intake of calcium and vitamin D in young adult women. *J Am Acad Nurse Pract* 2008; 20(2): 93-9.
3. Braun M, Weaver C. A call to evaluate the impact of calcium, fortified foods and beverages. *Nut Today* 2006; 41(1): 40-43.
4. Kjaer M. Role of extracellular matrix in adaptation of tendon and skeletal muscle to mechanical loading. *Physiol Rev* 2004; 84(2): 649-698.
5. Hinton PS, Rector RS, Thomas TR. Weight-bearing, aerobic exercise increases markers of bone formation during short-term weight loss in overweight and obese men and women. *Metabolism* 2006; 55(12): 1616-8.
6. Tosun A, Bolukbashi N, Cingi E, et al. Acute effects of a single session of aerobic exercise with or without weight-lifting on bone turnover in healthy young women. *Mod Rheumatol* 2006; 16(5): 300-304.
7. Rudberg A, Magnusson P, Larsson L and Joborn H. Serum isoforms of bone alkaline phosphatase increase during physical exercise in women. *Calcif Tissue Int* 2010; 66(5): 342-7.
8. Reid IR, Mason B, Horne A, et al. Randomized controlled trial of calcium in healthy older women. *Am J Med* 2006; 119(9): 777-85.
9. Baecker N, Frings-Meuthen P, Smith SM and Heer M. Short-term high dietary calcium intake during bedrest has no effect on markers of bone turnover in healthy men. *Nutrition* 2010; 26(5): 522-7.
10. Jafari-Rad S, Keshavarz SA, Sadr Zadeh Yeganeh H, et al. Assessment of controlled trial. *Menopause Hormone replacement* 2005; 7(1):33-40.
11. Pajouhi M, Komeylian Z, Sedaghat M, et al. [Efficacy of educational pamphlets for improvement of knowledge and practice in patients with Osteoporosis] Persian. *Payesh Health Monit* 2004; 1(3): 67-74.
12. Klipstein-Grobusch K, den Breeijen JH, Goldbohm RA, et al. Dietary assessment in the elderly: validation of a semiquantitative food frequency questionnaire. *Eur J Clin Nutr* 1998; 52(8): 588-96.
13. Wasserman K, Hansen J, Sue DY, editors. Principles of exercise testing and interpretation. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins; 1990.
14. Langberg H, Skovgaard D, Petersen LJ, et al. Type-1 collagen turnover in peritendinous connective tissue after exercise determined by microdialysis. *J Physiol* 1999; 521 Pt 1: 299-306.
15. Risteli J, Niemi S, Kauppila S, et al. Collagen propeptides as indicators of collagen assembly. *Acta Orthop Scand Suppl* 1995; 266: 183-8.
16. Whipple TJ, Le BH, Demers LM, et al. Acute effects of moderate intensity resistance exercise on bone cell activity. *Int J Sports Med* 2004; 25(7):496-501.
17. Brighton CT, Katz MJ, Goll SR, et al. Prevention and treatment of sciatic denervation disuse osteoporosis in the rat tibia with capacitatively coupled electrical stimulation. *Bone* 1985; 6(2): 87-97.
18. Baron R. Polarity and membrane transport in osteoclast. *Connect Tissue Res* 1989; (20): 109-120.
19. Maimoun L, Manetta J, Couret I, et al. The intensity level of physical exercise and the bone metabolism response. *Int J Sports Med* 2006; 27(2): 105-11.
20. Eskiyurt N, Akt S, Aydogan A, et al. The evaluation of the effects of calcium, magnesium and vitamin D derivatives on bone density and biochemical markers of bone turnover in cases of postmenopausal osteoporosis. *Osteop Int* 2000; 62(3): 23-25.
21. Meunier PJ, Jenvrin C, Munoz F, et al. Consumption of a high calcium mineral water lowers biochemical indices

- of bone remodeling in postmenopausal women with low calcium intake. *Osteoporos Int* 2005; 16(10):1203-1209.
22. Doyle L, Jewell C, Mullen A, et al. Effect of dietary supplementation with conjugated linoleic acid on markers of calcium and bone metabolism in healthy adult men. *Eur J Clin Nutr* 2005; 59(3): 432-440.
 23. Palacios S, Castelo-Branco C, Cifuentes I, et al. Changes in bone turnover markers after calcium-enriched milk supplementation in healthy postmenopausal women: A randomized, double-blind, prospective clinical trial. *Menopause* 2005; 12(1):63-8.
 24. Kenny AM, Prestwood KM, Biskup B, et al. Comparison of the effects of calcium loading with calcium citrate or calcium carbonate on bone turnover in postmenopausal women. *Osteoporos Int* 2004; 15(4): 290-294.
 25. Wagner G, Kindrick S, Hertzler S and Disilvestro RA. Effects of various forms of calcium on body weight and bone turnover markers in women participating in a weight loss program. *J Ame Coll Nutr* 2007; 26(5):456-461.
 26. Brahm H, Piehl-Aulin K, Saltin B and Ljunghall S. Net fluxes over working thigh of hormones, growth factors and biomarkers of bone metabolism during short lasting dynamic exercise. *Calcif Tissue Int* 1997; 60: 175-180.
 27. Whipple TJ, Le BH, Demers LM, et al. Acute effects of moderate intensity resistance exercise on bone cell activity. *Int J Sports Med* 2004; 25: 496-501.
 28. Kessler E, Takahara K, Biniaminov L, et al. Bone morphogenic protein-1: The type I procollagen C-proteinase. *Science* 1996; (271): 360-364.
 29. Heinemeier K, Langberg H, Olesen JL and Kjaer M. Role of transforming growth factor beta in relation to exercise induced type I collagen synthesis in human tendinous tissue. *J Appl Physiol* 2003; 95(6): 2390-97.
 30. Butt RP, Bishop JE. Mechanical load enhances the stimulatory effect of serum growth factors on cardiac fibroblast procollagen synthesis. *J Mol Cell Cardiol* 1997; 29(4): 1141-51.
 31. KrugerM C, BoothC L, CoadJ, SchollumL M, Kuhn-SherlockB, ShearerM J. Effect of calcium fortified milk supplementation with or without vitamin K on biochemical markers of bone turnover in premenopausal women. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)* 2006;22(11-12):1120-8
 32. Zittermann A, Scheld K, Danz A and Stehle P. Wheat bran supplementation does not affect biochemical markers of bone turnover in young adult women with recommended calcium intake. *Br J Nutr* 1999; 82(6): 431-435.
 33. Frost HM. Bone's mechanostat: a 2003 update. . *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol* 2003; 275(2): 1081-101.
 34. Christensen B, Dandanell S, Kjaer M, and Langberg H. Effect of anti-inflammatory medication on the running-induced rise in patella tendon collagen synthesis in humans. *J Appl Physiol* 2006; 110(1): 137-141.

The influence of nine – week intensive aerobic exercises; calcium and vitamin D supplementation on the metabolic response of bone formation biomarkers in young women

Bakhtyar Tartibian,¹Javad Tolouei-Azar,² Narmin Motabsaei³

Background: The purpose of the current study is to investigate the influence of nine-week intensive aerobic exercises, using calcium, and vitamin D supplements on bone formation biomarkers in young women.

Materials and Method: 44 non-athletic healthy women with an average age of 27.18 ± 3.65 years were entered into the study. Those women were randomly categorized in four groups consist of 1. Exercise, 2. Calcium and vitamin D supplement, 3. Exercise and supplement, 4. Control. Women did exercises for nine weeks. Every week held three sessions (30 to 45 minutes). Blood and urine samples were taken from experimental and control groups before and after the implementation of exercise program. Alkaline phosphatase level was measured by DGKC method and procollagen type 1 C-terminal propeptide's density was measured by HPLC. The data of the research was analyzed through paired *t*-test and ANOVA. ($p < 0.05$)

Results: There was a significant increase in ALP and PICP in group 1 ($p < 0.001$) and 3 ($P < 0.001$). Furthermore there was a crucial decrease of alkaline phosphatase and procollagen 1, and procollagen type 1 C-terminal propeptide's in supplement group ($p < 0.001$) while there was not a significant difference with control group ($p > 0.05$).

Conclusion: Results showed that intensive aerobic exercises and appropriate reception of calcium and vitamin D have a positive effect on obtaining bone mass in youth and reducing the risk of fracture. We suggest further investigations to be prove the idea.

Keywords: Calcium and vitamin D supplement, procollagen type 1, C-terminal propeptide, alkaline phosphatase, intensive aerobic exercises

1. Associate Professor of exercise physiology, Urmia University, Urmia, Iran.

2. MSc student of exercise physiology, Tehran University, Tehran, Iran.

3. MSc of exercise physiology, Urmia University, Urmia, Iran.