

The Effect of a Course of Resistance Training and Consumption of Soy Milk Enriched with Calcium on Serum calcitonin and Parathormone in Active Women

Asieh Sayyed

Department Of Sport Physiology, Behbahan Branch, Islamic Azad University, Behbahan, Iran.

*Mona Abdolhamid Tehrani

Department Of physical Education, Omidyeh Branch, Islamic Azad University, Omidyeh, Iran.

Nasrin Mashhadi Nezhad

Department Of Sport Physiology, Behbahan Branch, Islamic Azad University, Behbahan, Iran.

تاثیر تمرین مقاومتی و مصرف شیر سویا غنی شده با کلسیم بر کلسیتونین و پاراتورمون سرم در زنان فعال

آسیه سید

گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد بهبهان، دانشگاه آزاد اسلامی، بهبهان، ایران.

*مونا عبدالحمید طهرانی

گروه تربیت بدنی، واحد امیدیه، دانشگاه آزاد اسلامی، امیدیه، ایران.

نسرین مشهدی نژاد

گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد بهبهان، دانشگاه آزاد اسلامی، بهبهان، ایران.

Abstract

Aim: The aim of this study was to investigate the effect of a period of resistance training and the consumption of soy milk on serum levels of calcitonin and parathormone in active women

Method: Forty active women aged 35–45 years were randomly assigned to four groups of 10: control (n=10), calcium-enriched soy milk supplementation (n=10), training (n=10), and training + soy milk (n=10). The training program was conducted over 8 weeks with three sessions per week. The intensity ranged from 30% to 50% of one-repetition maximum (1RM) with 6–8 repetitions across three sets in a circuit of 10 exercises, with less than one minute of rest between exercises. To evaluate biochemical markers, 10 milliliters of blood was drawn from participants 48 hours before and after the intervention. **Results:** The level of calcitonin hormone significantly increased ($p \leq 0.002$) and parathyroid hormone decreased ($p \leq 0.001$) in the training group. Additionally, a resistance training program combined with calcium-enriched soy milk supplementation significantly increased calcitonin levels ($p \leq 0.011$) and significantly decreased parathyroid hormone levels ($p \leq 0.001$) in the serum of active women. **Conclusion:** Resistance training stimulates hormones that play a key role in maintaining bone health, and calcium-enriched soy milk supplementation helps meet the body's calcium needs, thereby enhancing bone structure. Integrating these two approaches into osteoporosis prevention and treatment programs can improve bone health in various populations.

Keywords: Resistance Training, Soy Milk, Calcitonin, Parathormone.

چکیده

هدف: هدف از مطالعه حاضر بررسی تاثیر یک دوره تمرین مقاومتی و مصرف شیر سویا بر کلسیتونین و پاراتورمون سرم در زنان فعال بود.

روش: ۴۰ نفر زن فعال با سن ۳۵–۴۵ سال به صورت تصادفی در چهار گروه ۱۰ نفره، کنترل (n=10)، مکمل شیر سویا غنی شده با کلسیم (n=10)، تمرین (n=10)، تمرین + شیر سویا (n=10)، قرار گرفتند. برنامه تمرین به مدت ۸ هفته و هر هفته ۳ جلسه اجرا شد. شدت ۳۰ تا ۵۰٪ یک تکرار بیشینه و با ۶ تا ۸ تکرار در ۳ نوبت به صورت دایره ای در ۱۰ حرکت با استراحت کمتر از یک دقیقه انجام شد. جهت ارزیابی شاخص های بیوشیمی، ۱۰ میلی لیتر خون از آزمودنی ها گرفته شد. **یافته ها:** سطح هورمون کلسی تونین ($p \leq 0.002$) و پاراتورمون ($p \leq 0.001$) در گروه تمرین به ترتیب با افزایش و کاهش معنی داری همراه بود. همچنین یک دوره تمرین مقاومتی و مصرف مکمل شیر سویا غنی شده با کلسیم بر کلسی تونین ($p \leq 0.011$) با اثر افزایشی و بر پاراتورمون ($p \leq 0.001$) سرم زنان با کاهش معنی داری همراه بود.

نتیجه گیری: تمرین مقاومتی با تحریک هورمون های موثر در حفظ سلامت استخوان و مصرف شیر سویا غنی شده با کلسیم با تامین نیازهای کلسیمی بدن به تقویت ساختار استخوانی کمک می کنند. در نتیجه ادغام این دو رویکرد در برنامه پیشگیری و درمان پوکی استخوان می تواند سلامت استخوان را در افراد مختلف ارتقا بخشد.

واژگان کلیدی: تمرین مقاومتی، شیر سویا، کلسی تونین، پاراتورمون.

* نویسنده مسئول: E mail: mona.abdolhamedtehrani@iaua.ac.ir

پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۹

دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۰۹

مقاله پژوهشی



مقدمه

بیش از ۲۰۰ میلیون نفر در سراسر جهان، مبتلا به پوکی استخوان (استئوپروز) هستند. کاهش تشکیل استخوان در نتیجه کاهش پیش‌سازهای استخوانی، استئوبلاست‌ها یا کاهش سنتز استوئید منجر به بازسازی منفی استخوان و استئوپروز می‌شود (۱۹۹۸، اورفو و همکاران). از سویی قابلیت مکانیکی استخوان در برابر شکستگی به دو عامل توده استخوانی و سازماندهی فضای بافت استخوانی وابسته است. برطبق آمارهای موجود سالانه ۹ میلیون شکستگی بر اثر پوکی استخوان ثبت می‌شود (السوات^۱، ۲۰۱۷). بطور کلی استئوپروز در زنان به دلیل تغییرات هورمونی در میانسالی، شایع‌تر و با افزایش سن شیب صعودی به خود می‌گیرد (پریسمیلی^۲ و همکاران، ۲۰۱۸). مراحل تشخیص این بیماری براساس اندازه‌گیری BMD (دانسیته مینرال استخوانی) است. اما در کنار سنجش تراکم استخوان یکی از راه‌های مناسب برای پیش‌بینی تغییرات توده استخوانی بررسی میزان شاخص‌های استخوانی می‌باشد. روشی غیر تهاجمی و قابل تکرار که در یک مدت زمان کوتاه، اطلاعاتی را پیرامون سوخت و ساز استخوان مطرح می‌کند. از مهمترین عوامل موثر در پوکی استخوان می‌توان به افزایش وزن، عدم فعالیت بدنی مناسب، تغذیه، مصرف طولانی مدت برخی از داروها (کورتیکواستروئیدها) و برخی بیماری‌ها مانند مشکلات کلیوی، التهابی، کبدی و دیابت اشاره کرد (نورات^۳ و همکاران، ۲۰۲۰). برخی هورمون‌های سیستمیک نیز در تنظیم این فرایند نقش موثر دارند. پارتورمون مترشحه از غده پاراتیروئید یکی از هورمون‌هایی موثر در تحریک استخوان‌سازی است (عسکری و همکاران، ۲۰۱۳). این هورمون مهمترین عامل هموستاز کلسیم و متابولیسم استخوان است. عملکرد فیزیولوژیکی عمده آن هموستاز فسفات غیرآلی، حفظ یونهای کلسیم پلازما از طریق تحریک فعالیت استئوکلاست‌ها، تحریک بازجذب کلسیم در سلول‌های کلیوی و افزایش غیرمستقیم جذب کلسیم در روده با تحریک تولید فرم فعال ویتامین D (کلسی تریول) می‌باشد (عسکری و همکاران، ۲۰۱۳). کلسی‌تونین مترشحه از غده تیروئید نیز یکی دیگر از مارکرهای استخوانی می‌باشد. کلسی‌تونین از مکانیسم‌های مختلف سطح کلسیم خون را کنترل می‌کند. از جمله این مکانیسم‌ها کاهش جذب کلسیم در روده، مهار فعالیت استئوکلاست‌ها و فعال شدن استئوبلاست‌ها و کاهش بازجذب و افزایش دفع کلسیم از کلیه است (افتخاری و آقابابا، ۲۰۱۲). این دو هورمون به عنوان نشانگرهای غیرمستقیم متابولیسم استخوان مطرح هستند که تغییرات استخوانی را سریعتر نشان می‌دهند (تربیبیان و همکاران، ۲۰۱۱). مطالعات زیادی از این موضوع حمایت می‌کند که، فعالیت بدنی یک فاکتور مهم

¹.Alsawat

².Pouresmaeili

³.Nawrat

جهت افزایش و حفظ چگالی مواد معدنی استخوان در دوره‌های مختلف زندگی است. انجام فعالیت بدنی باعث تعادل ترشح هورمون‌های موثر بر متابولیسم استخوان، تغییرات دانسیته، ریزساختارهای اسفنجی و ژئومتری بافت متراکم استخوان می‌شود (خرسندی و همکاران، ۲۰۱۳). تحقیقات نشان می‌دهد، فعالیت بدنی منظم، با بهبود BMD یا کاهش دمنرالیزاسیون استخوان مرتبط با افزایش سن اثر محافظتی بر روی استخوان دارد. همچنین خطر افتادن های مکرر افراد مسن با تقویت عضلات کاهش می‌یابد (نوردستروم^۱ و همکاران، ۲۰۱۱). اما برای تحریک استخوان‌زایی و تجمع توده استخوانی، نیاز به اعمال بار مکانیکی بیش از فعالیت‌های روزمره می‌باشد. لازم به ذکر است که، اعمال فشارهای مکانیکی پویا به همراه رعایت اصل اضافه بار به همراه تناوب و فواصل استراحت کافی بیشتر از فشارهای ایستا با بار ثابت در قدرت و توده استخوانی موثر است (تورنر^۲ و همکاران، ۲۰۰۳). بار ایستا و یکنواخت باعث سازگاری و اشباع گیرنده‌های استخوانی و عدم پاسخ دهی مناسب به تمرین می‌شود (یوان^۳ و همکاران، ۲۰۱۶). لازم به ذکر است به علت افزایش آستانه حداقل نیروی موثر وارد شده بر استخوان در افراد مسن و یائسه شدت فعالیت یک فاکتور مهم و اثرگذار مطرح می‌باشد. ترکیب فعالیت بدنی و مصرف مکمل یکی از راه‌های افزایش تراکم توده استخوان است بر اساس اطلاعات موجود تمرینات مقاومتی چه به تنهایی و چه در ترکیب با سایر مداخلات، یکی از بهینه‌ترین استراتژی‌های مطرح شده برای بهبود توده عضلانی و استخوانی در زنان یائسه، مردان میانسال و افراد مسن باشد (هونگ^۴ و همکاران، ۲۰۱۸). در همین راستا دهقان و همکاران (۱۴۰۲)، تاثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی بر شاخص تراکم استخوان را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد، ۱۲ هفته تمرین مقاومتی بر شاخص دانسیته استخوانی (BMD) تاثیر معنی‌داری دارد (دهقان و همکاران، ۲۰۲۳).

اما شیر سویا منبع غنی پروتئین گیاهی، ایزوفلاون‌ها، ویتامین گروه B، ترکیبات فنولی و عاری از لاکتوز می‌باشد. این ماده غذایی دارای ۳/۵٪ پروتئین، ۲٪ چربی، ۲/۹٪ کربوهیدرات و ۵٪ مواد معدنی است. بسیاری از مطالعات اثر محافظتی شیر سویا را به حضور ایزوفلاون‌های موجود در آن نسبت می‌دهند. فیتواستروژن غیر استروئیدی (ایزوفلاون‌ها) که ساختاری شبیه به استروژن دارند، نقش محافظتی در برابر از دست دادن توده استخوانی در افراد مسن ایفا می‌کنند (کسیدی و همکاران، ۲۰۰۶). مطالعات نشان می‌دهند، ایزوفلاون‌های موجود در شیر سویا به عنوان تعدیل کننده انتخابی گیرنده استروژن، میزان تحلیل استخوان را کاهش می‌دهد (ویاور^۵ و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین بسیاری از مطالعات اثر فیتواستروژن بر نشانگر تحلیل استخوان (دئوکسی پیریدینولین) را کاهشی و بر

¹. Nordstrom

². Turner

³. Yuan

⁴. Huang

⁵. Weaver



نشانگر تشکیل استخوان (آلکالین فسفاتاز) افزایشی نشان می‌دهند (ما^۱ و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به شواهد موجود، تمرین مقاومتی و مصرف سویا به تنهایی می‌توانند در کنترل استئوپروز موثر باشند. در همین راستا با تلفیق اثر همزمان تمرین مقاومتی و مصرف ماست سویا، علاوه بر افزایش تراکم استخوان، محتوای گلیکوزآمینوگلیکان سولفات و الیاف کلاژن بطور قابل ملاحظه‌ای بهبود یافت (فلورنسیو^۲ و همکاران، ۲۰۱۸). چیلیبک و همکاران، ۲۰۱۳ نیز اثر ترکیبی تمرین مقاومتی با مصرف ۱۶۵ میلی‌گرم/ روز سویا را به مدت ۲ سال بر روی زنان یائسه مورد مطالعه قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها حفظ BMD را نشان داد (چیلیبک^۳ و همکاران، ۲۰۱۳).

با توجه به اهمیت تمرین مقاومتی بر سطوح هورمون پاراتورمون و کلسی‌تونین و ارزش غذایی شیر سویا به همراه ویتامین D، تحقیق حاضر در پی یافتن پاسخ این سوال است که آیا استفاده همزمان از این دو مداخله گر بر سطوح کلسی‌تونین و پاراتورمون سرم تغییر معناداری ایجاد می‌کند یا خیر؟

روش

تحقیق حاضر نیمه تجربی و از نوع کاربردی است. جامعه آماری تحقیق را ۴۰ نفر از زنان فعال شهرستان بهبهان با سن تقریبی ۴۵-۳۵ سال تشکیل دادند. برای انتخاب نمونه آماری، پرسشنامه (دعوت نامه) بین مراجعه کنندگان باشگاه‌های فعال سطح شهر توزیع و از آنان درخواست شد در صورت تمایل در این تحقیق شرکت کنند. شیوه اجرای تحقیق، زمانبندی و برنامه تمرینی در دعوت نامه بصورت کامل شرح داده شد. بر این اساس از کسانی که اعلام آمادگی کردند، خواسته شد رضایت آگاهانه شرکت در پژوهش را پر کنند و سپس در جلسه توجیهی شرکت نمایند و در پایان از بین آزمودنیهای مراجعه کننده، ۴۰ نفر که واجد شرایط تحقیق بودند، به طور تصادفی در سه گروه کنترل (۱۰)، مکمل (۱۰)، تمرینات مقاومتی (۱۰) و تمرینات مقاومتی همراه با مصرف مکمل شیر سویا (۱۰) قرار گرفتند. یک هفته قبل از آغاز پژوهش، در یک جلسه‌ی آشنایی با تمرین‌ها، شاخص‌های آنتروپومتریکی و میزان یک تکرار بیشینه طبق روش استاندارد و با استفاده از فرمول برزیسکی که در زیر ارائه شده اندازه‌گیری و ثبت شد (هافمن، ۲۰۱۲).

برای ارزیابی متغیرهای بیوشیمیایی (کلسی‌تونین و پاراتورمون)، از آزمودنی‌ها پس از ۱۲ ساعت ناشتایی طی دو مرحله (قبل از شروع تمرینات و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین) خونگیری صورت گرفت. نمونه‌های

¹.Ma

².Florenccio

³.Chilibeck

خون پس از سانتریفیوژ و جدا کردن سرم در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. برای اندازه‌گیری سطح کلسی‌تونین و پاراتورمون پلاسما از روش الایزا و کیت‌های ساخت شرکت تروند سینا (در واحد $\text{ng}/1$) جهت ارزیابی کلسی‌تونین و کیت تهیه شده از شرکت پارس آزمون، به روش الکتروکمی لومینانس توسط دستگاه السیس (بر حسب پیکوگرم بر میلی لیتر) جهت ارزیابی سطوح سرمی پاراتورمون استفاده شد.

پروتکل تمرین دایره‌ای (۸ هفته، ۳ جلسه‌ای، با شدت ۳۰ تا ۵۰٪ یک تکرار بیشینه با ۶ تا ۸ تکرار در ۳ نوبت) در ۱۰ حرکت (حرکات پایین تنه و بالاتنه)، با استراحت کمتر از یک دقیقه اجرا شد. حرکات پرس سینه، جلو بازو، اسکوات، پشت پا دستگاه، شراگ، دراز و نشست، پرس بالای سر، جلو پا دستگاه، کمر و بارفیکس/ پارویی (در صورت نداشتن توانایی انجام بارفیکس، حرکت پارویی انجام دادند) به صورت دایره‌ای و به ترتیب ذکر شده انجام شد. گروه مصرف کننده شیرسویا و تمرین، روزانه 250 ml شیر سویا غنی شده با کلسیم به مدت ۸ هفته مصرف کردند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ انجام گرفت. برای بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین پیش و پس آزمون از آزمون T همبسته استفاده گردید. همچنین جهت بررسی تفاوت بین گروه‌ها از آزمون تحلیل کوواریانس و در صورت معنی‌دار بودن این اختلاف، از تست بونفرونی استفاده گردید. کلیه فرضیات در سطوح اطمینان ۰/۹۵ ($p < 0/05$) مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته ها

با توجه به نتایج بدست آمده از آزمون تی وابسته، مصرف مکمل شیر سویا بر کلسی‌تونین سرم ($p \leq 0/700$) و پاراتورمون ($p \leq 0/174$) اثر معنی‌داری نشان نداد (جدول ۱ و ۳)، اما با توجه نتایج به نتایج آزمون t وابسته، تمرین مقاومتی بر سطح سرمی کلسی‌تونین ($p \leq 0/002$) و پاراتورمون ($p \leq 0/001$) اثر معنی‌داری نشان داد (جدول ۲-۴). همچنین نتایج به دست آمده از آزمون تحلیل واریانس دوراهه، اثر همزمانی تمرین مقاومتی و مصرف مکمل شیر سویا بر کلسی‌تونین ($p \leq 0/011$) و پاراتورمون ($p \leq 0/001$) معنی‌دار مشاهده شد.



جدول ۱. مقادیر پیش آزمون و پس آزمون کلسی تونین و پاراتورمون در گروه های مصرف مکمل و کنترل و تمرین را نشان می دهد.

متغیر	گروه	زمان	میانگین + انحراف معیار	df
کلسی تونین	کنترل	پیش آزمون	$4/10 \pm 2/63$	9
		پس آزمون	$4/00 \pm 1/91$	
	مکمل	پیش آزمون	$4/18 \pm 2/09$	
		پس آزمون	$4/61 \pm 2/62$	
کلسی تونین	کنترل	پیش آزمون	$4/18 \pm 2/09$	9
		پس آزمون	$4/61 \pm 2/62$	
	تمرین	پیش آزمون	$4/42 \pm 1/62$	
		پس آزمون	$6/04 \pm 2/85$	
پاراتورمون	کنترل	پیش آزمون	$21/41 \pm 5/89$	9
		پس آزمون	$21/73 \pm 8/43$	
	مکمل	پیش آزمون	$22/43 \pm 6/54$	
		پس آزمون	$21/95 \pm 5/32$	
پاراتورمون	کنترل	پیش آزمون	$21/41 \pm 5/89$	9
		پس آزمون	$21/73 \pm 8/43$	
	تمرین	پیش آزمون	$22/65 \pm 7/25$	
		پس آزمون	$19/16 \pm 6/77$	

با توجه به جدول شماره ۱، بین مقادیر پیش آزمون و پس آزمون کلسی تونین ($T=0/398$) ($P=0/700$) و پاراتورمون ($T=1/85$) ($P=0/174$) در گروه مصرف مکمل تفاوت معنی داری وجود ندارد. همچنین بین مقادیر پیش آزمون و پس آزمون کلسی تونین ($T=4/653$) ($P=0/002$) و پاراتورمون ($T=5/041$) ($P=0/001$) در گروه تمرین تفاوت معنی دار مشاهده شد.

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل واریانس دوطرفه مقادیر کلسی تونین و پاراتورمون

متغیر	مجموع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مجزورات	F	سطح معنی داری
کلسی تونین	۱/۳۳۰	۳	۰/۴۳۳	۳/۸۹۸	۰/۰۱۱
پاراتورمون	۸۰/۹۶۸	۳	۲۶/۹۸۹	۶/۳۳۷	۰/۰۰۱

براساس نتایج جدول ۲، نتایج به دست آمده از تحلیل واریانس یک دوره تمرین مقاومتی و مصرف مکمل شیر سویا بر کلسی تونین ($P=0/011$) و پاراتورمون ($P=0/001$) سرم در زنان فعال تاثیر معنی داری نشان داد.

بحث و نتیجه گیری

کاهش توده استخوانی منجر به از دست دادن یکپارچگی استخوان و افزایش آسیب دیدگی در افراد می شود. یک استراتژی درمانی امیدوارکننده برای مواجهه با از دست دادن توده استخوانی و عضلانی فعالیت بدنی است. با توجه به نتایج این مطالعه، مصرف مکمل شیر سویا بر کلسی تونین سرم ($p \leq 0/001$) و پاراتورمون ($p \leq 0/011$) اثر معنی داری نشان نداد (جدول ۱ - ۳)، اما نتایج آزمون t وابسته، اثر تمرین مقاومتی بر سطح سرمی کلسی تونین ($p \leq 0/002$) و پاراتورمون ($p \leq 0/001$) را موثر و معنی دار نشان داد (جدول ۲-۴). همچنین با توجه به نتایج آزمون تحلیل واریانس دوراهه، اثر همزمانی تمرین مقاومتی و مصرف مکمل شیر سویا بر کلسی تونین ($p \leq 0/011$) و پاراتورمون ($p \leq 0/001$) معنی دار گزارش شد. همسو با این نتایج، دهقان و همکاران (۲۰۲۳) اثر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی دایره ای (شدت ۳۰-۵۵٪ یک تکرار بیشینه) را بر نشانگرهای متابولیک و هورمونی توده استخوانی افراد سالمند مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن ها نشان داد، تمرینات مقاومتی تاثیر معنی داری بر نشانگرهای هورمونی و متابولیکی استخوان از جمله کلسی تونین نشان داد. همچنین سینگولانی و همکاران (۲۰۱۷) تاثیر ۱۶ هفته تمرین قدرتی را بر میزان مواد معدنی استخوان مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه افزایش معنی - داری در مواد معدنی استخوان مشاهده شد. هاشمی و همکاران (۲۰۱۶)، اثر تمرین مقاومتی در آب را بر روی افراد سالمند مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آنها نشان داد ۱۲ هفته تمرین مقاومتی منجر به ثابت نگه داشتن دانسیته استخوان می شود. در مطالعه ای دیگر طالبی و همکاران (۲۰۱۴)، اثر یک دوره ۱۲ هفته ای تمرینات مقاومتی را بر تراکم استخوان افراد دارای پاراپلژی مورد مطالعه قرار دادند. آنها تمرین را یک مداخله موثر در کنترل پوکی استخوان مطرح کردند. در همین راستا صارمی (۲۰۰۹)، اثر یک دوره ۶ ماهه تمرین مقاومتی را بهبود تراکم استخوان مورد مطالعه قرار داد. نتایج مطالعه آنها نشان داد، با مهار فاکتور میوستاتین و از طریق تکثیر سلول های استئوبلاست تراکم استخوان افزایش می دهد. آکونو و همکاران (۲۰۲۰)، تاثیر یک دوره ۱۲ ماهه تمرین مقاومتی را



بر تراکم استخوان (BMD) مورد مطالعه قرار دادند. در پایان ۴۴ هفته تمرین مقاومتی میزان تغییرات BMD در ستون فقرات کمری (۲۴٪) و در گردن فمور (۲۹٪) گزارش شد (آکوانو و همکاران، ۲۰۲۰). نتیجه مطالعات نشان می‌دهد، تمرین مقاومتی علاوه بر تنظیم تعادل ترشح هورمون‌های موثر در متابولیسم استخوان، افزایش توده عضلانی، تغییرات در تعداد سلول‌های استخوان خوار، کاهش توده چربی بدن و تنظیم کلسیم از مکانیزم‌های دیگری نیز می‌تواند استئوپروز را کنترل کند. فشار ناشی از فعالیت بدنی بر استخوان باعث تحریک فعالیت استئوبلاست‌ها، افزایش تحذب سطح استخوان و تغییر در انحنای استخوان می‌شود (اعلا و همکاران، ۲۰۱۰). تمرینات مقاومتی باعث افزایش سطح پپتیدی ژن مرتبط با کلسیتونین در عضلات می‌شود (اسلامی و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین در برخی پژوهش‌ها مشاهده شده است که مهار هورمون پاراتیروئید منجر به پاسخ استئوسیت‌ها شده است (گاردینر و همکاران، ۲۰۱۶). این احتمال وجود دارد که فعالیت ورزشی از طریق تأثیر تناوبی بر غلظت هورمون پاراتیروئید باعث فعال شدن دو مسیر سیگنالینگ وینگلس Wnt3a و AKT شود (دتا و همکاران، ۲۰۰۹). مسیر وینگلس حجم استخوان را تنظیم می‌کند. در این، مسیر دو گیرنده Lrp5/frizzled وجود دارد که از طریق پروتئین‌هایی که مسیر وینگلس ترشح می‌کند، مسیرهای پیام رسانی مجازی با کانونیکال (مسیری که با انباشت بتاکاتنین، در سیتوپلاسم و انتقال به هسته شده و عوامل رونویسی را فعال می‌کند) و غیر مجازی یا غیرکانونیکال را فعال می‌کند. مهمترین، ویژگی سیگنالینگ وینگلس مجازی، انتقال پیک ثانویه پروتئین بتاکاتنین (پروتئین موثر در رونویسی ژن) به هسته است که عامل کلیدی تنظیم کننده حجم و تراکم استخوان محسوب می‌شود (کرامر و همکاران، ۲۰۱۰). بطور کلی تمرین مقاومتی نشانگرهای تنظیم کننده بازسازی استخوان از جمله (OC، CTX، OPN، PTH، OPG) را تحت تاثیر قرار می‌دهد (یوان و همکاران، ۲۰۱۶). از آنجاییکه کنترل غلظت کلسیم در مایع خارج سلولی از طریق تغییرات سطح خونی PTH و غلظت سرمی ۱-۲۵ دی هیدروکسی انجام می‌شود. مطالعات نشان می‌دهند، فعالیت مقاومتی از طریق تغییر غلظت سرمی هورمون ۱-۲۵ دی هیدروکسی، ویتامین D3 و هورمون PTH می‌تواند فرایند تشکیل استخوان را تحریک کند. در حالیکه بی تحرکی این فرایند را سرکوب می‌کند (فوجیمورا و همکاران، ۱۹۹۷). همچنین تمرین مقاومتی از طریق اثرگذاری و مهار فعالیت استئوپروتگرین (Osteoprotegerin) (از خانواده نکروز دهنده تومور آلفا) باعث کنترل و کاهش خطر ابتلا به پوکی استخوان در افراد مسن می‌شود. از سویی سطح سزمی ویتامین D با تراکم موادمعدنی استخوان در ارتباط است. افزایش جذب روده ای کلسیم مهم ترین عمل بیولوژیکی ویتامین D است. شیر سویا منبع خوبی از ویتامین D همراه با کلسیم است. براساس مطالعات انجام شده، مکمل ویتامین D باعث تاخیر در فرایند کاهش

تراکم استخوان می‌شود (اعلاء و همکاران، ۲۰۱۰). در همین راستا روزیانی و همکاران (۱۴۰۱)، تاثیر یک دوره تمرین مقاومتی به همراه مصرف مکمل ویتامین D بر مارکرهای جذب استخوان را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آنها نشان داد، میزان کلسی‌تونین و پاراتورمون در بین گروه‌های پژوهش به طور معنی‌داری متفاوت بود که این تفاوت با افزایش معنی‌دار در غلظت سرمی کلسی‌تونین و کاهش معنی‌دار در غلظت سرمی پاراتورمون در گروه تمرینی و گروه تمرین - ویتامین D همراه بود. نتایج مطالعات نشان می‌دهد، شیر سویا غنی شده با کلسیم به اندازه شیر گاو برای پیشگیری از تحلیل استخوان مفید است (متیو و همکاران، ۲۰۱۱). توانایی پیشگیری و کاهش استئوپروز توسط سویا از طریق مهار عوامل تحلیل استخوان و تحریک عوامل تشکیل آن در بسیاری از مطالعات نشان داده شده است. مطالعات حیوانی نشان می‌دهند، مصرف شیر سویا باعث افزایش حجم استخوان ترابکولار (اولین نقطه ای که بر هر فشار مکانیکی پاسخ می‌دهد)، افزایش فاکتور رشد شبه انسولین IGF-1 (بیومارکر تشکیل استخوان)، سطح استرادیول سرم و استئوکلسین سرم می‌شود. در کنار این تغییرات سطوح پایین هورمون پاراتیروئید و سطوح پایین نشانگر تحلیل استخوان دئوکسی پیریدینولین ادراری (DPD) بعد از اعمال مداخله مشاهده شده است (جیون و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین مصرف سویا منجر به بهبود استحکام استخوان از طریق افزایش کارایی روده در جذب کلسیم می‌شود (مسینا و همکاران، ۲۰۰۰). براساس مطالعات به نظر می‌رسد سویا توانایی جذب کلسیم را به روشی مشابه با استروژن در بدن ایفا می‌کند، اما به دلیل تفاوت بین انواع استخوان (قشری یا ترابکولار) مکانیسم عمل استخوان می‌تواند در هر بخش استخوانی متفاوت باشد. یکی دیگر از دلایل اولویت مصرف پروتئین سویا نسبت به دیگر پروتئین‌ها در حفظ کلسیم، به تاثیر آن بر کاهش دفع کلسیم از طریق ادرار نسبت داده می‌شود (مسینا و همکاران، ۲۰۰۰). همانطور که پیش‌تر عنوان شد بسیاری از تحقیقات ایزوفلاون‌های موجود در سویا را، عامل موثر در کنترل استئوپروز مطرح می‌کنند. حلقه‌های فنلی موجود در ساختار ایزوفلاون‌ها به عنوان عناصر ساختاری حیاتی برای اتصال به گیرنده‌های استروژنی (ERS) عمل می‌کنند. براساس تحقیقات مصرف سویا می‌تواند منجر به تنظیم مستقیم بیان ژن گیرنده‌های استروژن در سلول‌های استئوبلاست و بازسازی استخوان شود (تانگ و همکاران، ۲۰۱۱). در کنار مکانیسم‌های مطرح شده، مصرف سویا منجر به افزایش آلکالین فسفاتاز سرم در کنار رونویسی mRNA فاکتور IGF-1 (نشانگرهای تشکیل بافت استخوان) در فرایند استخوان سازی نقش تقویت کننده دارد (می‌هالاچی و همکاران، ۲۰۰۲). یکی دیگر از مسیرهای اثرگذاری ایزوفلاون‌های موجود در سویا تنظیم فاکتورهای اینترلوکین ($IL-6$, $IL-1\beta$) است که در تنظیم فرایند بازسازی استخوان نقش دارند (گالو و همکاران، ۲۰۰۵). مصرف سویا سطح فاکتور نکروز تومور سرم ($TNF-\alpha$) را نیز کاهش می‌دهد. تغییر در این نشانگر التهابی باعث تغییر در محتوای مواد معدنی استخوان (BMD) می‌شود.



بطور کلی عملکرد استئوبلاست‌ها با کاهش سطح اینترلوکین $IL-6$ و پروستاگلاندین $E2$ ناشی از $TNF-\alpha$ ارتقا می‌یابد (هانگ و همکاران، ۲۰۰۵). متیو و همکاران (۲۰۱۱)، تاثیر مصرف شیر سویا را بر پوکی استخوان مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد، مصرف یک بار یا بیشتر شیر سویا در روز، ۵۶٪ احتمال ابتلا به پوکی استخوان را کاهش می‌دهد.

نتیجه گیری کلی

از این رو با توجه مکانیسم های مطرح شده به نظر می‌رسد استفاده از مکمل شیر سویا در کنار اثرات غیرقابل انکار تمرین مقاومتی می‌تواند با اثر هم افزایی یکدیگر به حفظ و استحکام ساختار استخوانی کمک کند و از احتمال ابتلا به پوکی استخوان جلوگیری کند.

سپاسگزاری

بدین وسیله نویسندگان، از کلیه شرکت کنندگان شهرستان بهبهان که بعنوان آزمودنی در این تحقیق نهایت همکاری را طی دوره داشتند تشکر می‌کنند.

ملاحظات مالی

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم مشهدی دانشجوی رشته تغذیه ورزشی با کد اخلاق IR.IAU.BEHBAHAN.REC.1402.007 است و نویسنده هیچ گونه کمک مالی از موسسات خصوصی و دولتی دریافت نکرده است.

تضاد منافع

در این پژوهش هیچ گونه تعارض منافی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

References

- Ala, A., Aghaei, Meybodi, P., Peymani, P., & Larijani, B. (2010). Exercise and osteoporosis in postmenopausal women. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*, 11, 209–217.
- Alswat, Khaled A. (2017). 'Gender disparities in osteoporosis'. *Journal of clinical medicine research*, 9: 382.
- Askari, A., Askari, B. Samavati, Sharif, M.A. and Fallah, Z. (2013). 'Comparing the biological markers of bone metabolism in female athletes engaged in weight bearing sports, and nonathletes'. *IJHPA*, 4: 31-36.
- Barzanjeh, S. P., Nouie, F.G., and Mirzaei, S. (2017). 'Effect of 12 months of strength training in water on bone mineral density of the lumbar spine and femoral neck in postmenopausal women with osteoporosis'. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences*, 21.
- Cassidy, A., Paola, A.i, Inge, Lise, N., Wendy, H., Gary, W., Inge, T., Steve A., Heide C., Yannis M., and Alicja W. (2006). 'Critical review of health effects of soyabean phyto-oestrogens in postmenopausal women. *Proceedings of the Nutrition Society*, 65: 76-92.
- Chilibeck, Philip, D., Hassanali, V., Roger, P., Allison, C., Olufemi, O., Susan, J. W., Thomas, J. B., Punam Pahwa, and Biem, H. Jay.(2013). 'Effect of exercise training combined with isoflavone supplementation on bone and lipids in postmenopausal women: a randomized clinical trial. *Journal of Bone and Mineral Research*, 28: 780-93.
- Datta, Nabanita, S., and Abdul, B. (2009). 'PTH and PTHrP signaling in osteoblasts', *Cellular signalling*, 21: 1245-54.
- Dehghan, J., Jalali Dehkordi, T., Taghian, F., Karegarfard, M., & Abedi, A. (2023). The effect of 12 weeks of resistance training, whole-body vibration, and combined training on serum vitamin D concentration, bone mineral density, and functional indices in elderly men with osteoporosis: A randomized controlled trial. *Research in Sport Medicine and Technology*, 21, 147–167.
- Dehghan, J., Jalali Dehkordi, T., Taghian, F., Karegarfard, M., Abedi, B., & Bahram, A. (2023). Effect of 12 weeks of circuit resistance training on metabolic and hormonal markers of bone mass in elderly men. *Journal of Sport Physiology*, 14, 51–82.
- Florencio-Silva, R., Santos, M.A., Medeiros, V.P. De., Nade, H.B .r, Nonaka, M.J., and Reginato ,R.D. (2013). 'Effects of soy isoflavones and mechanical vibration on rat bone tissue'. *Climacteric*, 16: 70 9-17.
- Fujimura, R., Noriko, A.a, Manami, W., Naoki M., Hitoshi, A., Toru, F., Koichiro, H., Kumpei, T., and Masashige, S. (1997). 'Effect of resistance exercise training on bone formation and resorption in young male subjects assessed by biomarkers of bone metabolism. *Journal of Bone and Mineral Research*, 12: 656-62.
- Gallo, D., Gian, F.Z., Patrizia, A., Enrica, M., Cristiano, F., Gianluigi, P., Antonella, R., Paolo, M., Ezio, B., and Giovanni, S. (2005). 'Characterization of the pharmacologic profile of a standardized soy extract in the ovariectomized rat model of menopause: effects on bone. uterus, and lipid profile', *Menopause*, 12: 589-600.



Gardinier, J. D., Salam, A.I., Michael, D. M., and David, H. K. (2016). 'PTH signaling mediates perilacunar remodeling during exercise'. *Matrix Biology*, 52: 162-75.

Hoffman, J. (2012). "Norms for fitness, performance, and health. Champaign: Human Kinetics; 2006." In.

Hong, A. Ram, and Sang, W. K. (2018). 'Effects of resistance exercise on bone health. *Endocrinology and Metabolism*, 33: 435-44.

Huang, Y., Shimin, C., Manubai, N., Karl, E. A., James, J. G., and Lee-Jane, W. Lu.(2005). 'Decreased circulating levels of tumor necrosis factor- α in postmenopausal women during consumption of soy-containing isoflavones. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 90: 3956-62.

Jeon, B., Joungjiwa, A., and Hae-Soo, K. (2009). 'Effect of isoflavone-enriched milk on bone mass in ovariectomized rats. *Journal of medicinal food*, 12: 1260-67.

Khorsandi, M, Shamsi, M. and Jahani, F. (2013). 'The survey of practice about prevention of osteoporosis based on health belief model in pregnant women in Arak city. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*, 12: 35-46.

Kramer, I., Christine, H., Hansjoerg, K., Marco, P., Jonathan, H .G., Patricia, B. W., Jian, Q. F., Lynda, F. B., and Michaela, K. (2010). 'Osteocyte Wnt/ β -catenin signaling is required for normal bone homeostasis. *Molecular and cellular biology*, 30: 3071-85.

Ma, D.F., LQ, Q., Wang, P.Y., and Katoh, R.(2008). 'Soy isoflavone intake inhibits bone resorption and stimulates bone formation in menopausal women: meta-analysis of randomized controlled trials. *European journal of clinical nutrition*, 62: 155-61.

Matthews, V., Lousuebsakul, S., Knutsen, F., Lawrence, W. and Gary, E, F. (2011). 'Soy milk and dairy consumption is independently associated with ultrasound attenuation of the heel bone among postmenopausal women: the Adventist Health Study–2. *Nutrition research*, 31: 766-75.

Messina, M., and Virginia, M. (2000). 'Soyfoods, soybean isoflavones, and bone health: a brief overview. *Journal of renal nutrition*, 10: 63-68.

Mihalache, G.r., Mihalache, Gr. D., Indrei L.L., Anca, I., and Maren, H. (2002). 'Phytoestrogens role in bone functional structure protection in the ovariectomized rat. *Revista Medico-chirurgicala a Societatii de Medici si Naturalisti din Iasi*, 106: 89-92.

Eslami,M., and Hossein,R., Parnow. A. (2010). ' The Effect of strength training on calcitonin gene-related peptide content in slow and fast muscles of wistar rats. *Horizon of Medical Sciences*, 16: 25-32.

Nawrat-Szoltysik, A., Zuzanna, M., Ryszard, Z., Izabela, Z.G., Józef, O., Alicja, G., Beata, M., and Polak.A. (2020). 'Osteoporosis in Polish older women: Risk factors and osteoporotic fractures: A cross–sectional study. *International journal of environmental research and public health*, 17: 3725.

- Nordström, A., Taru, T., and Magnus, H. (2011). 'The effect of physical activity on bone accrual, osteoporosis and fracture prevention'. *The open bone journal*, 3.
- Notomi, T., Yuichi, O., Nobukazu, O., Yuri, T., Toshitaka, N., and Masashige, S. (2002). 'Effects of tower climbing exercise on bone mass, strength, and turnover in orchidectomized growing rats. *Journal of applied physiology*, 93: 1152-58.
- Oreffo, R.O.C., Stéphanie, B., and James, T. T. (1998). 'Skeletal progenitor cells and ageing human populations', *Clinical Science*, 94: 549-55.
- Pouresmaeili, F., Kamalidehghan., Kamarehei, M., and Yong, M., G. (2018). 'A comprehensive overview on osteoporosis and its risk factors'. *Therapeutics and clinical risk management*: 2029-49.
- Roozbayani, F., Mohammadi, M., & Rahmati, M. (2022). The effect of a period of resistance training combined with vitamin D supplementation on bone resorption markers in girls. *Armaghane Danesh*, 27, 442–454.
- Talebi, B., Ebrahim, G., Behnam, M., Ebrahimi, A., & Dehghani, A. (2015). Comparison of the effects of traditional exercises and body weight-supported training (BWST) on bone density in individuals with paraplegia. *Sport Medicine Studies*, 6, 79–94.
- Senthil, Kumar, P., Adhikari, P., and Kumar, A. (2016). 'Exercise Therapy in Prevention and Treatment of Postmenopausal Osteoporosis: An Update'. *Indian Journal of Preventative Medicine*, 4: 47.
- Singulani, M.P., Camila, T. Stringhetta-Garcia, L., Leandro, F. S., Samuel, R., Lourenço, M., Mário Jefferson, Q. L., Sandra, H. P. O., Antonio Hernandez, Ch. N., and Rita, D. (2017). 'Effects of strength training on osteogenic differentiation and bone strength in aging female Wistar rats'. *Scientific reports*, 7: 42878.
- Tang, X., Xiaoyan, Zh., Shujuan, L., Shan, W., and Xin, N. (2011). 'Isoflavones suppress cyclic adenosine 3', 5'-monophosphate regulatory element-mediated transcription in osteoblastic cell line. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 22: 865-73.
- Tartibian, B., Hajizadeh Maleki, B., Kanaley, J., and Sadeghi, K. (2011). 'Long-term aerobic exercise and omega-3 supplementation modulate osteoporosis through inflammatory mechanisms in postmenopausal women: a randomized, repeated measures study'. *Nutrition & metabolism*, 8: 1-13.
- Tofighi, A., & Hefz-ol-Lesan, M. (n.d.). The effect of a twelve-week period of selected aerobic and resistance exercises in water on bone density of lumbar vertebrae and femur in obese and postmenopausal women.
- Turner, Ch. H., and Alexander, G. R. (2003). 'Designing exercise regimens to increase bone strength. *Exercise and sport sciences reviews*, 31: 45-50.
- Weaver, C. M., and Cheong, M.K. (2005). 'Soy isoflavones and bone health: the relationship is still unclear. *The Journal of nutrition*, 135: 1243-47.



Yuan, Yu., Chen, X., Lingli, Z., Juanni, W., Guo, J., Dongchen, Z., Binglin, Ch., Zhongguang, S., Chao, Sh., and Jun, Z. (2016). "The roles of exercise in bone remodeling and in prevention and treatment of osteoporosis. Progress in Biophysics and Molecular Biology, 122: 122-30.

۱