Received: 2023/12/3
Accepted: 2024/6/7
How to cite:
Khairabadi A, Hejazi K, Marefati H, Rahimi N. The interactive effect of an eight-week moderate-intensity interval exercise regimen combined with selenium supplementation on thyroid hormone levels, lipid profile, and quality of life in women with hypothyroidism. EBNESINA 2024;26(2):49-61.
DOI: 10.22034/26.2.49

Original Article

The interactive effect of an eight-week moderate-intensity interval exercise regimen combined with selenium supplementation on thyroid hormone levels, lipid profile, and quality of life in women with hypothyroidism

Atefeh Khairabadi[1], Keyvan Hejazi[2]✉, Hamid Marefati[3], Najmeh Rahimi[4,5]

Abstract

Background and aims: The thyroid, impacted by lifestyle factors like diet and physical activity, is crucial for overall health. Selenium, an essential antioxidant supplement, plays a key role in thyroid gland function. This study aimed to explore the combined effects of an eight-week moderate-intensity interval training (MIIT) regimen and selenium supplementation on thyroid hormone levels, lipid profile, and overall quality of life (QOL) in women with hypothyroidism.

Methods: In this quasi-experimental study, 46 women diagnosed with hypothyroidism were randomly assigned to one of four groups: placebo, supplement-only, exercise plus supplement, and exercise plus placebo. Selenium supplementation dosage was set at 200 micrograms per day. MIIT program spanned eight weeks, with three sessions weekly lasting 20-30 minutes each, maintaining an intensity of 60-80% of the maximum heart rate. Pre- and post-intervention assessments included anthropometric measurements [weight, body mass index (BMI), waist-to-hip ratio (WHR), and body fat percentage], QOL evaluations, thyroid hormone levels, lipid profile analysis, and C-reactive protein (CRP).

Results: Significant interactions over time were observed within the groups, particularly in CRP levels, lipid profile parameters (excluding total cholesterol), thyroid hormone levels, QOL metrics, and some anthropometric indices (excluding WHR) (p=0.001).

Conclusion: The combination of MIIT and selenium supplementation demonstrated favorable outcomes, including reduced lipid profile levels, increased thyroid hormone levels, and enhanced QOL. This integrated approach shows promise in effectively enhancing thyroid function in women managing hypothyroidism.

Keywords: Human Physical Training, Selenium, Hypothyroidism, Thyroid hormones, Quality of life

1. MSc of Sport Physiology, Department of Physiology and Sport Management, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
2. Assistant professor, Department of Physiology and Sport Management, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
3. Associate professor, Department of Physiology and Sport Management, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
4. Assistant professor, Department of Internal Medicine, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran
5. None-communicable Diseases Research Center. Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran

✉ Corresponding Author:
Keyvan Hejazi
Address: Department of Physiology and Sport Management, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
Tel: +98 (51) 44012767
E-mail: k.hejazi@hsu.ac.ir

OPEN ACCESS
Copyright© 2024. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms. Downloaded from: http://www.ebnesina.ajaums.ac.ir

مقاله تحقیقی

اثر تعاملی هشت هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط به همراه مکمل سلنیوم بر سطوح هورمون‌های تیروئیدی، نیمرخ لیپیدی و کیفیت زندگی زنان مبتلا به بیماری کم‌کاری تیروئید

عاطفه خیرآبادی[1]، کیوان حجازی[2]✉، حمید معرفتی[3]، نجمه رحیمی[4،5]

چکیده

زمینه و اهداف: تیروئید تحت تأثیر عوامل مرتبط با سبک زندگی از جمله تغذیه و فعالیت بدنی است؛ همچنین سلنیوم برای عملکرد این غده اهمیت دارد. هدف این پژوهش مقایسه تأثیر هشت هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط با و بدون مکمل سلنیوم بر سطوح هورمون‌های تیروئیدی، نیمرخ لیپیدی و کیفیت زندگی زنان مبتلا به بیماری کم‌کاری تیروئید بود.

روش بررسی: در این مطالعه نیمه تجربی، ۴۶ زن مبتلا به بیماری کم‌کاری تیروئید به‌صورت تصادفی در چهار گروه (دارونما، مکمل، تمرین+ مکمل و تمرین+دارونما) تقسیم شدند. مصرف مکمل سلنیوم (روزانه ۲۰۰ میکروگرم) بود. برنامه تمرین تناوبی با شدت متوسط شامل هشت هفته، هر هفته سه جلسه و هر جلسه به مدت ۲۰ تا ۴۰ دقیقه با شدتی معادل ۶۰ تا ۸۰٪ ضربان قلب بیشینه انجام شد. ارزیابی‌ها شامل بررسی آنتروپومتریک (وزن، شاخص توده بدن، نسبت دور کمربه لگن و درصد چربی بدن)، کیفیت زندگی و نیز سطوح هورمون‌های تیروئیدی، نیمرخ لیپیدی و پروتئین واکنشی C (CRP) قبل و بعد از مداخله بود.

یافته‌ها: تغییرات تعامل زمان در گروه در سطوح CRP، نیمرخ لیپیدی (به استثنای کلسترول تام)، هورمون‌های تیروئیدی، کیفیت زندگی و و شاخص های آنتروپومتریک (به استثنای نسبت دور کمربه لگن) به لحاظ آماری معنی‌دار بود (p=۰/۰۰۱).

نتیجه‌گیری: تمرین تناوبی با شدت متوسط به همراه مکمل سلنیوم با کاهش نیمرخ لیپیدی و افزایش هورمون‌های تیروئیدی و کیفیت زندگی همراه است. بنابراین احتمالاً می‌توان از این روش برای بهبود مؤثرتر عملکرد تیروئید در زنان مبتلا به کم‌کاری تیروئید استفاده کرد.

کلمات کلیدی: تمرین ورزشی در انسان، سلنیوم، کم‌کاری تیروئید، هورمون‌های تیروئیدی، کیفیت زندگی

۱. کارشناسی ارشد، دانشگاه حکیم سبزواری، گروه فیزیولوژی و مدیریت ورزشی، سبزوار، ایران
۲. استادیار، دانشگاه حکیم سبزواری، گروه فیزیولوژی و مدیریت ورزشی، سبزوار، ایران
۳. دانشیار، دانشگاه حکیم سبزواری، گروه فیزیولوژی و مدیریت ورزشی، سبزوار، ایران
۴. استادیار، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، گروه بیماری‌های داخلی، سبزوار، ایران
۵. مرکز تحقیقات بیماری‌های غیرواگیر، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار ایران

✉نویسنده مسئول: کیوان حجازی
آدرس: دانشگاه حکیم سبزواری، گروه فیزیولوژی و مدیریت ورزشی، سبزوار، ایران
تلفن: ۴۴۰۱۲۷۶۷ (۵۱) ۹۸+
ایمیل: k.hejazi@hsu.ac.ir

فصلنامه علمی پژوهشی ابن‌سینا / اداره بهداشت، امداد و درمان نهاجا (سال بیست و ششم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۳، مسلسل ۸۷)
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۹/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۳/۱۸

همه حقوق مادی و معنوی این اثر به فصلنامه علمی پژوهشی ابن‌سینا / اداره بهداشت، امداد و درمان نهاجا تعلق دارد.

مقدمه

کم‌کاری تیروئید یکی از اختلالات تیروئیدی است که در آن غده تیروئید قادر به تولید هورمون تیروئید کافی برای رفع نیازهای بافت‌های محیطی نباشد. تشخیص اختلالات تیروئید توسط عوامل مختلفی ازجمله بیماری‌های مرتبط، تغییرات فیزیولوژیکی در محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-تیروئید، کاهش عملکرد ارگان‌های چندگانه صورت می‌پذیرد [۱]. تخمین‌های شیوع اختلال عملکرد تیروئید معمولاً بر اساس یافته‌های جمعیت‌های میانسال است. در جمعیت عمومی، شیوع کم‌کاری تیروئید بالینی حدود ۰/۲ تا ۵/۳٪ و پرکاری تیروئید ۰/۸ تا ۱/۳٪ برآورد شده است. با این‌حال، میزان شیوع اختلال عملکرد تیروئید به‌طور گسترده با عوامل متعددی مانند جنسیت، سن، مناطق جغرافیایی، وضعیت ید، و نژاد یا قومیت جمعیت‌ها متفاوت است. شیوع کم‌کاری تیروئید خودبه‌خود ۲-۱٪ است و در زنان ۱۰ برابر بیشتر از مردان است [۲]. انجمن آمریکایی متخصصان غدد بالینی تخمین زده است که در ایالات‌متحده تقریباً ۱۳ میلیون نفر یا ۴/۷۸٪ از جمعیت، اختلال عملکرد تیروئید تشخیص داده نشده دارند. بر اساس نظرسنجی آزمایشی ملی سلامت و تغذیه ایالات‌متحده III، ۱۳,۳۴۴ فرد مبتلا به بیماری تیروئیدی را که قبلاً شناسایی نشده بودند، با اندازه‌گیری سرمی هورمون محرک تیروئید (TSH)، تیروکسین (T4)، آنتی‌بادی‌های تیروگلوبولین و آنتی‌بادی‌های پراکسیداز تیروئید غربالگری کردند. این مطالعه نشان داد که ۴/۶٪ از جمعیت کم‌کاری تیروئید و ۱/۳٪ به پرکاری تیروئید مبتلا بودند [۳]. میراحمد و همکاران در یک مطالعه طولی در بیرجند به تجزیه و تحلیل مقطعی ۳۶۳ نفر (۱۷۱ مرد و ۱۹۲ زن) در رده سنی ۶۰ تا ۹۴ سال پرداختند. نتایج نشان داد شیوع کم‌کاری تیروئید ۲۲/۳۱٪ (بالینی ۱۸/۴۶٪، آشکار ۳/۸۶٪) و پرکاری تیروئید ۱/۶۶٪ (بالینی ۱/۳۸٪ ، آشکار ۰/۲۸٪) بود. بنابراین، شیوع کلی اختلال عملکرد تیروئید ۲۳/۹۷٪ بود [۴].

کم‌کاری تیروئید باعث دیس‌لیپیدمی، فشارخون بالا، اختلال عملکرد کلیه و اختلال عملکرد قلبی یا اندوتلیال می‌شود، که همگی خطر بیماری‌های قلبی عروقی را افزایش می‌دهند. نتایج مطالعات جمعیت‌شناختی در مورد بروز بیماری‌های قلبی عروقی در بیماران دارای کم‌کاری تیروئید حاکی از آن است که احتمال بروز ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی و مرگ در افرادی با غلظت بالای TSH افزایش‌یافته است [۵]. از دیگر عوامل مرتبط با کم کاری تیروئید التهاب سیستمیک است؛ در همین خصوص، تانگ و همکاران [۶] گزارش کرد سطوح پروتئین واکنشگر C (CRP) و TSH عوامل خطرزای کم‌کاری تیروئید در بیماری تیروئید محسوب می‌شوند و مقدار CRP به‌طور قابل‌توجهی در بیماران کم‌کاری تیروئید افزایش‌یافته است. هیپرلیپیدمی نوع IIa شایع‌ترین ناهنجاری لیپیدی است که در بیماران مبتلا کم‌کاری تیروئید یافت می‌شود. با این‌حال، سطح تری‌گلیسرید (TG) ممکن است در برخی از بیماران کم‌کاری تیروئید مشابه سطح لیپوپروتئین با چگالی پایین (LDL) افزایش یابد و این تغییرات را می‌توان به‌عنوان نتیجه کاهش فعالیت لیپوپروتئین لیپاز و لیپاز کبدی با کمبود هورمون تیروئید تفسیر کرد [۷].

شواهد حاکی از آن است که تغییر سبک زندگی یک راهبرد بسیار مؤثر برای مقابله با بیماری کم‌کاری تیروئید است. از جمله مواردی که می‌تواند سطح کیفیت زندگی را بهبود بخشد پیروی از رژیم غذایی مناسب و شرکت کردن در فعالیت‌های بدنی منظم است، که می‌تواند پیامدهای همچون کاهش خطر حمله بیماری‌های قلبی عروقی و علائم بیماری‌های کم کاری تیروئید را داشته باشد [۸]. گزارش‌شده است که یکی از ساده‌ترین راه‌های دستیابی به‌سلامتی انجام فعالیت‌های بدنی است [۹]. در حال حاضر، تمرین بدنی منظم می‌تواند به عنوان ابزار درمانی غیر دارویی قدرتمندی برای بهبود عملکرد غده تیروئید و همچنین بهبود کیفیت زندگی مطرح شود [۱۰].

با توجه به تحقیقات پیشین تمرینات هوازی اثر مثبتی بر بهبود عملکرد جسمانی و همچنین سازگارهای هورمونی دارند [۱۱، ۱۲] از طرفی می‌توان برای بازیابی سیستم‌های انرژی تمرینات هوازی را به صورت تناوبی استفاده کرد [۱۳]. یکی از

سیستم‌های تمرینی که امروزه مورد استفاده محققان برای بهبود عملکردهای فیزیولوژیکی و جسمانی بیماران قرار می‌گیرد، تمرینات تناوبی است. تمرین تناوبی شامل دوره‌های تمرین با شدت بالا است که با دوره‌های استراحت نسبی متناوب می‌شود که این امکان را برای بیماران فراهم می‌کند که دوره‌های کاری کوتاه‌مدت را با شدت‌های بالاتر تکمیل کنند. از نقطه نظر فیزیولوژیکی، تمرین تناوبی با شدت بالا، انقباض قلب را تحریک می‌کند و تأثیر بیشتری بر اندوتلیوم و عملکرد میتوکندری عضله اسکلتی در مقایسه با تمرین مداوم با شدت متوسط دارد که می‌تواند تأثیر مطلوب‌تری بر حداکثر اکسیژن مصرفی داشته باشد [۱۴].

ریزمغذی‌ها نقش حیاتی در بهبود عملکرد غده تیروئید ایفا می‌کنند و جزء مواد غذایی مهم برای فعالیت کامل غده تیروئید محسوب می‌شوند. این مواد شامل عناصری مانند سلنیوم و ید هستند. ریزمغذی‌های بی‌شماری ازجمله سلنیوم در متابولیسم هورمونی تیروئید نقش مهمی دارند. عنصر کمیاب و ضروری سلنیوم برای سنتز و متابولیسم هورمون‌های تیروئید مورد نیاز است از طرفی غده تیروئید دارای بالاترین محتوای سلنیوم است و به‌صورت کووالانسی به بسیاری از سلنوپروتئین‌ها ازجمله خانواده گلوتاتیون پراکسیدازها، تیوردوکسین رودکتازها و دِیُدینازها متصل شده است [۱۵]. از مکمل‌هایی که اثرات ضد استرس اکسیداتیو دارند و منجر به بهبود بیماری کم‌کاری تیروئید و قلبی عروقی می‌شود سلنیوم است. سلنیوم جزء کلیدی تعدادی از سلنوپروتئین‌ها است که از استرس اکسیداتیو محافظت می‌کند و پتانسیل پیشگیری از بیماری‌های مزمن ازجمله بیماری‌های قلبی عروقی را دارد [۱۶].

داشتن یک رژیم غذایی سالم و سبک زندگی فعال با انجام تمرینات ورزشی منظم می‌تواند تأثیر مثبتی بر عملکرد تیروئید داشته باشد. فعالیت بدنی با شدت متوسط مانند دویدن، شنا و پیاده‌روی می‌تواند به تنظیم هورمون‌های تیروئیدی کمک کند و علائم مربوط به کم‌کاری یا پرکاری تیروئید را کاهش دهد [۱۱]، همچنین مکمل سلنیوم می‌تواند در حفظ عملکرد بهینه تیروئید کمک کند و در تولید و متابولیسم هورمون‌های تیروئیدی نقش مهمی را بازی کند [۱۷]. با وجود تحقیقات زیادی که در حیطه فیزیولوژی ورزشی و تغذیه در درمان کم کاری تیروئید انجام شده است، تحقیقی که به طور خاص به بررسی اثر تعاملی تمرینات تناوبی با شدت متوسط و همچنین مکمل سلنیوم در زنان مبتلا به کم کاری تیروئید انجام نشده است که ضرورت تحقیق حاضر را نشان می‌دهد. بنابراین هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر تعاملی هشت هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط به همراه مکمل سلنیوم بر سطوح هورمون‌های تیروئیدی، نیمرخ لیپیدی، CRP و کیفیت زندگی زنان مبتلا به بیماری کم‌کاری تیروئید بود.

روش بررسی

این تحقیق از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام شد. جامعه آماری این تحقیق از میان افراد مراجعه‌کننده به مراکز بهداشتی و کلینیک‌های تخصصی غدد و متابولیسم در سطح شهرستان سبزوار بود. نمونه‌های تحقیق حاضر ۴۶ نفر از زنان مبتلا به کم‌کاری تیروئید با دامنه سنی بین ۴۲ تا ۳۷ سال و BMI ۲۵ تا ۲۹/۹ Kg/m^2 بود که به‌صورت هدفمند انتخاب شدند و به‌صورت تصادفی ساده از طریق قرعه‌کشی به چهار گروه تقسیم شدند. گروه‌های موجود در این تحقیق شامل: دارونما (۱۱ نفر)، مکمل (۱۱ نفر)، تمرین + مکمل (۱۲ نفر) و تمرین + دارونما (۱۲ نفر) بود.

حجم نمونه در تحقیق حاضر با نرم‌افزار G.POWER نسخه ۳.۱ و بر اساس مطالعه بانسال و همکاران [۱۲] تعیین شد. میزان حجم نمونه با توجه به تفاوت بین مقدار متوسط TSH اندازه‌گیری شده در قبل از مداخله تمرینی (۰/۲۴±۲/۵۱ mIU/L) و پس از مداخله (۰/۴۲±۰/۶۱ mIU/L) در بیماران مبتلا به کم‌کاری تیروئید تحت درمان با تمرینات منظم ورزشی برآورد شد. بر این اساس سطح آلفا ۰/۰۵ و توان آماری ۰/۸۵ و اندازه اثر ۰/۲۸ در نظر گرفته‌شده و تعداد نمونه توصیه‌شده توسط نرم‌افزار، ۴۴ نفر برآورد شد، که با در نظر گرفتن احتمال

ریزش تعداد بیماران مبتلا به کم‌کاری تیروئید در طی پژوهش، تعداد ۴۶ نفر به‌صورت داوطلبانه انتخاب شدند و در پژوهش حاضر شرکت کردند. در مرحله نخست افراد با ماهیت و نحوه همکاری با اجرای پژوهش آشنا شدند. بر اساس تشخیص پزشک متخصص معیارهای ورود به تحقیق شامل داشتن سابقه حداقل یک سال از تشخیص بیماری، ورزشکار نبودن و عدم فعالیت منظم ورزشی، عدم ابتلا بیماری‌های مزمن (قلبی-عروقی، کلیوی و دیابت) و استفاده یکسان آزمودنی‌ها از داروهای کنترل تیروئیدی تحت نظرات پزشک متخصص غدد بود. مطابق با تجویز پزشک بیماران دارای کم‌کاری تیروئید روزانه داروی لووتیروکسین را با توجه به میزان TSH هر فرد استفاده می‌کردند. معیارهای خروج از تحقیق عبارت بودند از عدم شرکت بیماران در تمرینات ورزشی در دو جلسه متوالی، ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی، کلیوی، کبدی و دیابت در طی پروتکل هشت هفته‌ای، ناتوانی عصبی عضلانی در اجرای تمرینات ورزشی، سابقه استعمال دخانیات، و بارداری بود. آزمودنی‌ها بر اساس شرایط تحقیق به‌صورت داوطلبانه در تحقیق شرکت کرده و فرم رضایتنامه آگاهانه را امضا نمودند.

برای ارزیابی ترکیب بدن به وزن بدن و قد (با استفاده از ترازوی دیجیتال و قد سنج با seca ساخت کشور آلمان) اندازه‌گیری شد. BMI از طریق تقسیم وزن (کیلوگرم) بر مجذور قد (متر) برحسب Kg/m^2 محاسبه شد. دور کمر در باریکترین ناحیه کمر و دور لگن در بزرگترین محیط لگن به کمک متر نواری غیرقابل ارتجاع و بدون هرگونه فشاری به متر اندازه‌گیری شد. نسبت دور کمر به لگن (WHR)، از تقسیم حداقل دور کمر و حداکثر دور لگن محاسبه شد.

کیفیت زندگی برداشت هر شخص از وضعیت سلامتی خود و میزان رضایت از این وضع است. پرسشنامه کیفیت زندگی سازمان بهداشت جهانی ۳۶ سؤالی است که کیفیت زندگی کلی و عمومی فرد را می‌سنجد [۱۸]. این پرسشنامه دارای ضرایب استاندارد پایایی در محدوده ۰/۷۷ تا ۰/۹ و همچنین دارای روایی ۶۵/۹٪ پراکندگی میان مقیاس‌های پرسشنامه را توجیه می‌نماید. این پرسشنامه دارای چهار زیرمقیاس و یک نمره کلی است. این زیرمقیاس‌ها عبارتند از: سلامت جسمی، سلامت روانشناختی، روابط اجتماعی، سلامت عمومی و یک نمره کلی. این پرسشنامه وضعیت آزمودنی‌ها را با مقیاس لیکرت ۵ درجه‌ای می‌سنجد [۱۸].

در این تحقیق نحوه مصرف مکمل سلنیوم حاوی قرص سلنیوم با دوز ۲۰۰ میکروگرم سلنیوم (ساخت شرکت Webber Natural کشور کانادا) بر اساس مطالعه تورکر و همکاران [۱۹] و دارونما مشابه با مکمل‌های موردنظر (ساخت مرکز رشد و فناوری داروی دانشگاه علوم پزشکی تهران) حاوی (آرد نخود) به مدت هشت هفته علاوه بر داروی معمول خود مصرف کردند. در ضمن بیماران شرکت‌کننده در این تحقیق از مکمل سلنیوم استفاده نکرده بودند. بیماران مکمل‌ها و دارونماها را در بسته‌بندی‌های مشابه، در دو نوبت که هر بسته برای مصرف چهار هفته آنها کافی بود، دریافت کردند. بسته‌های موردنظر از هر چهار گروه، به‌طور تصادفی توسط فردی غیر از پژوهشگر در اختیار آنها قرار می‌گرفت. هیچ یک از بیماران و همچنین شخص پژوهشگر از گروهی که بیماران در آن قرار داشتند و نوع مداخله دریافتی اطلاعی نداشتند. به بیماران در مورد نحوه و زمان مصرف مکمل‌ها توضیح داده شد (که می‌بایست روزانه ۱ عدد مکمل سلنیوم یا دارونمای مربوطه را مصرف کنند). با توجه به اینکه دو گروه از چهار گروه این تحقیق دارای مداخله تمرینی بودند و جلسات تمرینی ساعت ۱۷:۰۰ برگزار می‌شد، از تمامی گروه‌های موجود در تحقیق درخواست شد یک ساعت قبل از تمرین، مکمل یا دارونما را مصرف کنند.

در گروه‌های تمرینی به مدت هشت هفته، هر هفته سه جلسه به تمرینات تناوبی با شدت متوسط پرداختند؛ اما در گروه‌های مکمل و دارونما از بیماران خواسته شد به مصرف منظم مواد غذایی روزانه خود ادامه دهند و از شرکت در سایر برنامه‌های تمرین ورزشی در خارج خودداری کنند. برنامه فعالیت تناوبی با شدت متوسط شامل ۱۰ دقیقه فعالیت به‌صورت

جدول ۱- برنامه تمرینی تناوبی با شدت متوسط در گروه‌های تمرینی مطالعه

هفته	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم
جلسه در هفته	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
شدت تمرین(ضربان قلب بیشینه)	۶۵-۶۰٪	۶۵-۶۰٪	۷۰-۶۵٪	۷۰-۶۵٪	۷۵-۷۰٪	۷۵-۷۰٪	۸۰-۷۵٪	۸۰-۷۵٪
مدت تمرین (دقیقه)	۴×۵	۵×۵	۵×۵	۶×۵	۶×۵	۷×۵	۷×۵	۸×۵

* زمان استراحت فعال بین هر تکرار ۵ دقیقه‌ای بین ۲ تا ۲/۳۰ دقیقه

گرم کردن در ابتدا و ۱۰ دقیقه سرد کردن در انتهای هر جلسه و سپس انجام حرکات کششی، حرکات موزون و ریتمیک بود. مدت‌زمان تمرین شامل هشت هفته، هر هفته سه جلسه و هر جلسه به مدت ۲۰ تا ۴۰ دقیقه با شدتی معادل هفته اول بین ۶۵-۶۰٪ ضربان قلب بیشینه شروع و در هفته هشتم به‌صورت فزاینده به ۸۰-۷۵٪ ضربان قلب بیشینه افزایش یافت (جدول ۱). ضربان قلب بیشینه از فرمول ۲۲۰ منهای سن محاسبه شد. شدت تمرین با استفاده از ضربان‌سنج پولار کنترل شد [۲۰]. تمامی جلسات تمرینی تحت نظر فیزیولوژیست ورزشی صورت پذیرفت.

تمام آزمودنی‌ها طی جلسه‌ای که در مرکز کلینیک تخصصی غدد برگزار شد، توضیحات لازم را در خصوص زمان و مکان خونگیری و همچنین رعایت نکاتی مانند رعایت ۱۲-۱۰ ساعت ناشتایی شبانه و عدم فعالیت بدنی شدید حداقل دو روز قبل از اولین مرحله خونگیری و رعایت رژیم غذایی را دریافت نمودند. خونگیری از تمامی آزمودنی‌ها در محل آزمایشگاه بیمارستان واسعی واقع در شهرستان سبزوار صورت گرفت. مقدار ۵ سی‌سی خون از ورید بازوی دست چپ آنها به‌وسیله متخصص آزمایشگاه گرفته شد.

برای آنالیز خون هورمون‌ها (T3، T4، TSH)، نیمرخ لیپیدی (LDL، HDL، TC، TG) و CRP نمونه‌ها به داخل یک لوله حاوی K2EDTA جمع‌آوری شدند و قبل از تجزیه‌وتحلیل به مدت ۱۵ دقیقه بدون حرکت نگهداری شدند. سرم با سانتریفیوژ در ۳۰۰۰ RPM به مدت ۱۰ دقیقه جدا شد و سپس تا زمان سنجش در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. هورمون‌ها با کیت شرکت پارس‌آزمون ساخت ایران، نیمرخ لیپیدی و CRP به روش آنزیماتیک توسط دستگاه اتوآنالایزر بیوشیمی ساخت کشور آمریکا و با استفاده از کیت شرکت پیشتازطب ساخت ایران اندازه‌گیری گردید.

ملاحظات اخلاقی

همه شرکت‌کنندگان فرم رضایت آگاهانه کتبی را امضا نمودند. تحقیق حاضر در راستای اخلاق در پژوهش بیانیه هلسینکی بوده و برای آزمودنی‌ها هیچ ضرری به همراه نداشت.

تجزیه و تحلیل آماری

پس از جمع‌آوری و واردکردن اطلاعات حاصله در محیط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶، داده‌های خام مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای تأیید فرض نرمال بودن داده توسط آزمودن شاپیروویلک و برابری واریانس‌ها گروه‌ها توسط آزمون لون، آزمون تی‌زوجی برای تغییرات درون‌گروهی و آزمون آنالیز تحلیل واریانس یک‌طرفه با اندازه‌های تکراری برای تغییرات تعاملی و بین‌گروهی استفاده شد. به‌منظور ارزیابی مقایسه دوبه‌دو گروه‌ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. برای تعیین معنی‌داری نتایج، سطح $p<۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

مشخصات آزمودنی‌ها در جدول ۲ و نتایج آزمون آنالیز تحلیل واریانس یک‌طرفه با اندازه‌های تکراری در جدول ۳ و جدول ۴ نشان داده شده است. تغییرات تعامل زمان در گروه در متغیر CRP، LDL، HDL، TG، هورمون‌های تیروئید (T3، T4، TSH)، کیفیت زندگی، وزن، BMI و درصد چربی بدن به لحاظ آماری معنی‌دار بود (p=۰/۰۰۱).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های درون‌گروهی نشان داد در گروه‌های مکمل، تمرین+مکمل و تمرین+دارونما، متغیر CRP و TG کاهش و متغیرهای HDL، T3، T4 افزایش معنی‌دار داشت ($p<۰/۰۵$). در گروه‌های تمرینی (تمرین+مکمل و تمرین+دارونما) متغیرهای LDL کاهش معنی‌داری داشت (p=۰/۰۰۱). متغیر TC در گروه‌های مکمل و تمرین+دارونما

جدول ۲- مشخصات آزمودنی‌های گروه‌های مطالعه

متغیر	گروه‌ها	مکمل	تمرین + مکمل	تمرین + دارونما	دارونما
سن (سال)		۳۹/۰۰±۷/۲۹	۳۸/۰۸±۶/۸۲	۴۲/۰۰±۶/۹۸	۳۷/۳۶±۶/۱۰
قد (سانتی متر)		۱۶۲/۲۷±۶/۹۸	۱۶۴/۶۶±۷/۳۸	۱۶۴/۰۸±۴/۴۶	۱۶۴/۰۹±۶/۵۹
وزن (کیلوگرم)		۷۳/۲۳±۵/۶۷	۷۶/۳۳±۹/۹۶	۷۲/۲۶±۶/۲۰	۷۵/۶۹±۶/۳۶
BMI (کیلوگرم بر مترمربع)		۲۷/۸۰±۲/۰۷	۲۷/۹۵±۱/۹۵	۲۶/۷۸±۲/۵۱	۲۸/۰۰±۲/۰۱

جدول ۳- مقایسه تغییرات میانگین‌های درون و بین گروهی CRP، نیمرخ لیپیدی و هورمون‌ها در گروه‌های مطالعه

متغیرها	گروه	مراحل: پیش‌آزمون	مراحل: پس‌آزمون	درون گروهی: ٪ تغییرات	درون گروهی: مقدار p	بین گروهی: زمان	بین گروهی: گروه	بین گروهی: زمان*گروه
CRP (mg/L)	S	۲/۹۹±۰/۵۶	۲/۷۰±۰/۵۰	−۱۰/۷۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
	T+S	۳/۱۰±۰/۵۳	۲/۴۷±۰/۴۳	−۲۵/۵۰	۰/۰۰۱			
	T+P	۳/۴۲±۰/۸۲	۲/۹۲±۰/۷۲	−۱۷/۱۲	۰/۰۰۱			
	P	۳/۲۳±۰/۸۰	۳/۲۷±۰/۹۳	۱/۲۲	۰/۸۷۷			
LDL (mg/dL)	S	۱۲۹/۶۴±۱۶/۳۷	۱۲۸/۱۸±۱۵/۵۱	−۱/۱۳	۰/۱۷۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
	T+S	۱۴۵/۴۲±۱۰/۹۹	۱۳۷/۷۵±۱۱/۰۲	−۵/۵۶	۰/۰۰۱			
	T+P	۱۳۲/۷۵±۹/۲۸	۱۲۷/۲۵±۸/۵۰	−۴/۳۲	۰/۰۰۱			
	P	۱۲۴/۷۳±۲۰/۴۵	۱۲۷/۸۸±۲۳/۵۳	۲/۴۶	۰/۲۹۷			
HDL (mg/dL)	S	۳۷/۵۴±۶/۱۲	۴۰/۱۸±۶/۰۱	۶/۵۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
	T+S	۳۸/۰۰±۷/۴۹	۴۱/۲۵±۶/۷۹	۷/۸۷	۰/۰۰۲			
	T+P	۴۲/۲۵±۷/۸۸	۴۵/۸۳±۷/۸۹	۷/۸۱	۰/۰۰۱			
	P	۴۲/۹۰±۸/۰۵	۴۲/۳۳±۸/۰۴	−۱/۳۴	۰/۲۷۶			
TG (mg/dL)	S	۱۷۶/۸۱±۲۰/۵۹	۱۷۳/۱۸±۲۰/۱۳	−۲/۰۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۳۹	۰/۰۰۱
	T+S	۱۸۸/۶۶±۲۰/۹۲	۱۸۰/۴۱±۱۹/۵۰	−۴/۵۷	۰/۰۰۳			
	T+P	۱۷۸/۵۰±۲۲/۲۲	۱۷۳/۰۸±۲۰/۱۲	−۳/۱۳	۰/۰۰۱			
	P	۱۶۰/۸۱±۲۳/۶۲	۱۶۳/۵۵±۲۹/۳۰	۱/۶۷	۰/۸۸۸			
TC (mg/dL)	S	۱۷۱/۴۵±۳۲/۸۰	۱۶۷/۹۰±۳۲/۷۴	−۲/۱۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۹۱	۰/۰۶۵
	T+S	۱۸۴/۰۸±۹۱/۹۳	۱۸۱/۸۳±۲۳/۷۶	−۱/۲۳	۰/۳۲۹			
	T+P	۱۸۵/۵۸±۲۲/۰۸	۱۷۸/۹۱±۲۱/۴۱	−۳/۷۲	۰/۰۰۱			
	P	۱۵۷/۴۵±۳۲/۷۹	۱۵۵/۹۰±۳۲/۳۰	−۰/۹۹	۰/۳۲۵			
T3 (ng/dL)	S	۱/۶۴±۰/۴۳	۱/۸۷±۰/۴۵	۱۲/۲۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
	T+S	۱/۷۰±۰/۳۹	۲/۶۹±۰/۳۳	۳۶/۸۰	۰/۰۰۱			
	T+P	۲/۰۱±۰/۵۶	۲/۶۹±۰/۵۰	۲۵/۲۷	۰/۰۰۱			
	P	۱/۷±۰/۳۴	۱/۷±۰/۴۷	۰/۰۰	۰/۵۴۸			
T4 (ng/dL)	S	۹/۲۰±۱/۰۷	۹/۵۰±۱/۰۲	۳/۱۵	۰/۰۱۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
	T+S	۷/۳۳±۰/۸۵	۸/۵۲±۱/۶۹	۱۳/۹۶	۰/۰۰۱			
	T+P	۶/۵۷±۰/۹۵	۷/۴۲±۱/۱۳	۱۱/۴۵	۰/۰۰۳			
	P	۷/۹۴±۱/۶۹	۸/۱۸±۱/۶۷	۲/۹۳	۰/۴۹۸			
TSH (mIU/L)	S	۷/۸۴±۱/۴۲	۶/۷۰±۱/۳۰	−۱۷/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
	T+S	۷/۱۹±۱/۴۲	۵/۵۰±۱/۳۲	−۳۰/۷۲	۰/۰۰۱			
	T+P	۸/۲۷±۱/۲۱	۷/۰۰±۱/۲۷	−۱۸/۱۴	۰/۰۷۶			
	P	۷/۰۹±۱/۵۸	۷/۱۴±۱/۶۶	۰/۷	۰/۱۵۸			

P: گروه دارونما؛ S: گروه مکمل سلنیوم؛ T: گروه تمرین

کاهش معنی‌دار داشت (p=۰/۰۰۱). متغیر TSH فقط در گروه‌های مصرف کننده سلنیوم (مکمل و تمرین+مکمل) کاهش معنی‌داری داشت (p=۰/۰۰۱). متغیر وزن بدن، BMI و درصد چربی بدن در گروه مکمل افزایش معنی‌دار داشت، اما در گروه های تمرین و مکمل، تمرین و دارونما کاهش معنی‌داری داشت (p=۰/۰۰۱). مقدار WHR فقط در گروه تمرین و مکمل کاهش معنی‌داری داشت (p=۰/۰۰۱). سطح کیفیت زندگی در گروه های تمرین و مکمل و تمرین و دارونما افزایش معنی‌داری داشت (p=۰/۰۰۱). نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۴- مقایسه تغییرات میانگین‌های درون و بین گروهی کیفیت زندگی و شاخص‌های آنتروپومتری در گروه‌های مطالعه

متغیرها	گروه	مراحل: پیش‌آزمون	مراحل: پس‌آزمون	درون گروهی: ٪ تغییرات	درون گروهی: مقدار p	بین گروهی: زمان	بین گروهی: گروه	بین گروهی: زمان*گروه
کیفیت	S	۷۸/۲۷±۲/۵۳	۷۸/۵۴±۲/۵۴	۰/۳۴	۰/۴۹۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
زندگی	T+S	۷۸/۶۶±۲/۴۲	۸۰/۳۳±۲/۰۱	۲/۰۷	۰/۰۰۱			
	T+P	۷۷/۰۸±۲/۶۰	۸۰/۸۳±۱/۴۶	۴/۶۳	۰/۰۰۱			
	P	۷۶/۸۱±۱/۸۳	۷۶/۳۶±۳/۴۷	−۰/۵۸	۰/۶۷۴			
وزن (Kg)	S	۷۳/۲۳±۵/۶۷	۷۳/۵۶±۵/۸۲	۰/۴۴	۰/۰۱۳	۰/۰۰۱	۰/۴۴۱	۰/۰۰۱
	T+S	۷۶/۳۳±۹/۹۶	۷۴/۶۶±۹/۹۱	−۲/۲۳	۰/۰۰۱			
	T+P	۷۲/۲۶±۶/۲۰	۷۰/۵۹±۶/۳۷	−۲/۳۶	۰/۰۰۱			
	P	۷۵/۶۹±۶/۳۶	۷۵/۹۰±۶/۲۵	۰/۲۷	۰/۰۲			
BMI (Kg/m^2)	S	۲۷/۸۰±۲/۰۷	۲۷/۹۸±۲/۰۸	۰/۶۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۳۰۴	۰/۰۰۱
	T+S	۲۷/۹۵±۱/۹۵	۲۷/۳۲±۱/۹۸	−۰/۹۸	۰/۰۰۱			
	T+P	۲۶/۷۸±۲/۵۱	۲۶/۱۷±۲/۵۱	−۲/۳۳	۰/۰۰۱			
	P	۲۸/۰۰±۲/۰۱	۲۸/۰۷±۲/۰۶	۰/۲۴	۰/۲۰۸			
WHR	S	۰/۷۸±۰/۰۲	۰/۷۶±۰/۳۱	−۲/۶۳	۰/۱۳۸	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۱۳
	T+S	۰/۸۱±۰/۰۳	۰/۷۷±۰/۰۳	−۵/۱۹	۰/۰۰۱			
	T+P	۰/۸۰±۰/۰۴	۰/۷۶±۰/۰۴	−۵/۲۶	۰/۵۲۴			
	P	۰/۸۱±۰/۰۴	۰/۸۲±۰/۰۴	۱/۲۱	۰/۹۳۱			
درصد چربی بدن (٪)	S	۲۵/۱۰±۱/۳۵	۲۵/۵۵±۱/۲۱	۱/۷۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۱۶	۰/۰۰۱
	T+S	۲۶/۱۵±۰/۷۴	۲۵/۱۸±۰/۸۵	−۳/۸۵	۰/۰۰۱			
	T+P	۲۶/۸۴±۰/۵۶	۲۵/۶۹±۰/۶۴	−۴/۴۷	۰/۰۰۱			
	P	۲۵/۳۸±۱/۴۴	۲۵/۶۴±۱/۳۴	۱/۰۱	۰/۰۲۷			

P: گروه دارونما؛ S: گروه مکمل سلنیوم؛ T: گروه تمرین

جدول ۵- نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی به منظور ارزیابی دو به دو گروه‌ها در متغیرهای CRP، نیمرخ لیپیدی، هورمون‌ها و کیفیت زندگی در گروه‌های مطالعه

متغیرها	گروه ۱	گروه ۲	اختلاف: میانگین	اختلاف: مقدار p	متغیرها	گروه ۱	گروه ۲	اختلاف: میانگین	اختلاف: مقدار p
LDL (mg/dL)	P	S	۲/۹۹	۰/۲۰۴	T3 (ng/dL)	P	S	−۰/۸۱	۰/۶۷۴
	P	T+S	۸/۱۲	۰/۰۰۱		P	T+S	−۰/۵۲۲	۰/۰۰۸
	P	T+P	۷/۰۲	۰/۰۰۱		P	T+P	۰/۶۷۶	۰/۰۰۱
	S	T+S	۶/۱۳	۰/۰۰۱		S	T+S	−۰/۴۴۱	۰/۰۱۸
	S	T+P	۴/۰۳	۰/۰۱۷		S	T+P	−۰/۵۹۵	۰/۰۰۲
	T+S	T+P	−۲/۱۰	۰/۶۸۴		T+S	T+P	−۰/۱۵۴	۰/۳۸۲
HDL (mg/dL)	P	S	−۲/۸۲	۰/۰۳۱	T4 (ng/dL)	P	S	−۱/۱۴	۰/۰۴۲
	P	T+S	−۳/۴۷	۰/۰۰۴		P	T+S	۰/۲۸۲	۰/۶۰۰
	P	T+P	−۴/۰۹	۰/۰۰۱		P	T+P	۱/۲۱	۰/۰۲۸
	S	T+S	−۰/۶۴۵	۱/۰۰		S	T+S	۱/۴۲	۰/۰۰۷
	S	T+P	−۱/۲۶	۰/۹۵۸		S	T+P	۲/۳۵	۰/۰۰۱
	T+S	T+P	−۰/۶۲۴	۱/۰۰		T+S	T+P	۰/۹۲۹	۰/۰۶۷
TG (mg/dL)	P	S	۳/۴۹	۱/۰۰	TSH (mIU/L)	P	S	۱/۳۰	۰/۰۰۱
	P	T+S	۷/۶۹	۰/۰۳۲		P	T+S	۱/۹۳	۰/۰۰۱
	P	T+P	۵/۲۱	۰/۲۵۳		P	T+P	۱/۳۷	۰/۰۰۱
	S	T+S	۴/۱۹	۰/۴۷۴		S	T+S	۰/۶۲۵	۰/۱۶۳
	S	T+P	۱/۷۲	۱/۰۰		S	T+P	۰/۰۷۰	۱/۰۰
	T+S	T+P	−۲/۴۷	۱/۰۰		T+S	T+P	−۰/۵۵۵	۰/۲۹۷
CRP (mg/L)	P	S	۰/۳۲۵	۰/۰۲۷	کیفیت زندگی	P	S	−۱/۸۱	۰/۰۵۶
	P	T+S	۰/۶۵۶	۰/۰۰۱		P	T+S	−۲/۹۰	۰/۰۰۳
	P	T+P	۰/۴۹۳	۰/۰۰۱		P	T+P	−۲/۳۶	۰/۰۱۲
	S	T+S	۰/۳۳۰	۰/۰۱۲		S	T+S	−۱/۰۹	۰/۲۳۶
	S	T+P	۰/۱۶۷	۰/۶۵۲		S	T+P	−۰/۵۴۹	۰/۵۴۸
	T+S	T+P	−۰/۱۶۳	۰/۶۳۵		T+S	T+P	۰/۵۴۲	۰/۵۴۴

P: گروه دارونما؛ S: گروه مکمل سلنیوم؛ T: گروه تمرین

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد تغییرات تعامل زمان در گروه در متغیر CRP، LDL، HDL و TG به لحاظ آماری معنی‌دار است. مطالعات متعدد ارتباط بین سطح سلنیوم سرم و عوامل خطر برای بیماری‌های قلبی، ازجمله نیمرخ لیپیدی را بررسی کرده‌اند. بر اساس نتایج مطالعه نی و همکاران ارتباط معنی‌داری بین سطح سلنیوم سرم و عوامل خطر بیماری‌های قلبی، از جمله نیمرخ لیپیدی وجود دارد [۲۱]. با این‌حال، در برخی از مطالعات کارآزمایی‌های بالینی نتایج متناقض نشان داده‌اند؛ به‌عنوان‌مثال، یک مطالعه توسط ریمن و همکاران [۲۲] نشان داد که مکمل با ۲۰۰ میکروگرم در روز سلنیوم به مدت شش ماه باعث کاهش قابل توجهی در سطح TC و LDL شد، اما در دوزهای بالاتر تأثیر قابل توجهی بر این دو نداشت و تنها باعث افزایش قابل توجهی در سطح HDL سرم شد. با این‌حال یک مطالعه کارآزمایی بالینی توسط مصداقیانی و همکاران [۲۳] نشان داد که مکمل با ۱۰۰ میکروگرم در روز سلنیوم به مدت ۱۰ هفته به‌طور قابل توجهی سطح HDL را در زنان باردار بهبود می‌بخشد، بدون اینکه بر سایر پروفایل‌های لیپیدی تأثیر بگذارد.

شواهد فعلی در مورد مکانیسم‌های بالقوه برای تأثیر قرار گرفتن در معرض سلنیوم بالا بر متابولیسم چربی بحث برانگیز است. با این‌حال، شواهدی از ارتباط بین لیپوپروتئین و متابولیسم سلنیوم وجود دارد. مقادیر کمی از سلنیوم سرم را می‌توان در لیپوپروتئین‌های انسانی شناسایی کرد. مطالعات اولیه نشان داد که یک ایزوتوپ سلنیوم به‌صورت داخل وریدی عمدتاً VLDL و LDL متصل شده است [۲۴]. علاوه بر این، تحقیقات بر روی مدل‌های حیوانی نشان می‌دهد وابستگی متقابل بین سلنوپروتئین و مسیرهای متابولیک لیپوپروتئین وجود دارد. به عنوان مثال، سلنوپروتئین P توسط مغز و بیضه‌ها از طریق گیرنده آپولیپوپروتئین E2 گرفته می‌شود، درحالی‌که مگالین، یکی دیگر از گیرنده‌های آپولیپوپروتئین، جذب آن را توسط کلیه میانجی‌گری می‌کند [۲۵]. در مدل‌های حذفی موش با اختلال در سنتز سلنوپروتئین، غلظت آپولیپوپروتئین E کبد، سطح کلسترول پلاسما و بیان ژن‌های درگیر در بیوسنتز کلسترول، متابولیسم و حمل و نقل تغییر می‌کند. ارتباط بیشتر بین سلنیوم و کلسترول در استفاده مشترک از ایزوپنتیل پیروفسفات به عنوان یک بستر برای سنتز Sec-tRNA و ایزوپنوئید در مسیر سوخت و ساز موالونات یافت می‌شود. تشکیل سلنوپروتئین‌ها نیاز به ایزوپنتنیلاسیون Sec-tRNA با ایزوپنتنیل پیرو فسفات، یک بستر است که همچنین توسط فازنسیل پیروفسفات سنتتاز در مسیر کلسترول مورد نیاز است [۲۶]. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که اجرای تمرینات تناوبی می‌تواند تغییرات عمده‌ای در سطوح لیپیدهای سرمی به وجود آورد. تمرینات تناوبی باعث افزایش آنزیم لیستین کلسترول آسیل ترانسفراز می‌شود، که استریفیه کردن کلسترول درون عضلانی را به HDL افزایش می‌دهد. علاوه بر این، اجرای تمرینات تناوبی باعث کاهش وزن بدن یا وزن چربی می‌شود و می‌تواند سطوح LDL و TC را کاهش دهد. لذا اندازه‌گیری این شاخص‌ها به‌طور مرتب در جریان یک برنامه منظم تمرینی مفید است [۲۷]. علاوه بر فعالیت بدنی سطوح هورمون‌های تیروئیدی و جنسی نیز بر میزان کلسترول و لیپوپروتئین‌های خون مؤثر است. بنابراین احتمال دارد که افزایش HDL را می‌توان به هورمون‌های تیروئیدی و جنسی نیز نسبت داد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد تغییرات تعامل زمان در گروه در سطوح هورمون‌های تیروئیدی و کیفیت زندگی به لحاظ آماری معنی‌دار است. نتایج به دست آمده با یافته‌های عباسی و همکاران [۱۳] همسو است؛ اما با یافته‌های اونسوری و همکاران [۲۸] ناهمسو است. عباسی و همکاران گزارش کردند ۱۲ هفته تمرین تناوبی با شدت بالا در مقابل تمرین تناوبی با شدت متوسط منجر به کاهش معنی‌دار وزن، BMI، دور کمر و درصد چربی شد، درصورتی‌که ظرفیت هوازی افزایش یافت. بااین‌حال، غلظت TSH و T4 تنها پس از تمرین تناوبی با شدت بالا کاهش یافت. شاخص مقاومت به انسولین در هر دو

گروه تمرین کاهش یافت [۱۳]. اونسوری و همکاران گزارش کردند تغییر معنی‌داری در سطح پلاسمایی هورمون‌های تیروئیدی در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل مشاهده نشد [۲۸].

مکمل سلنیوم با بهبود متابولیسم هورمون تیروئید و افزایش فعالیت سلنوپروتئین‌های دخیل در سنتز و تنظیم هورمون تیروئید مرتبط است. سلنوپروتئین‌های خاص، مانند یدوتیرونین دیودینازها، برای فعال و غیرفعال کردن هورمون‌های تیروئید ضروری هستند. این آنزیم‌ها تبدیل T4 به T3 از نظر بیولوژیکی فعال‌تر و همچنین غیرفعال شدن هورمون‌های تیروئید را تنظیم می‌کنند [۲۹]. سلنیوم، یک عنصر کمیاب ضروری، هنگامی‌که به‌عنوان سلنوسیستئین در سلنوپروتئین‌ها گنجانده شود، دارای طیف گسترده‌ای از اثرات سلامتی است. مزایای قلبی عروقی سلنیوم را می‌توان با توانایی سلنوپروتئین‌ها، مانند گلوتاتیون پراکسیداز و سلنوپروتئین S، برای مبارزه با اصلاح اکسیداتیو لیپیدها، مهار تجمع پلاکت‌ها و کاهش التهاب واسطه کرد. برخی ترکیبات سلنیوم با وزن مولکولی پایین می‌توانند به‌صورت قابل برگشتی به گروهی از پروتئین‌های متصل‌کننده سلنیوم در سرم و بافت‌ها متصل شوند، اما اینها در مورد ویژگی‌های متصل شدن خود و عملکرد آنها به‌طور واضح تعریف‌نشده‌اند. تیروئید سطوح قابل‌توجهی از سلنوپروتئین دیول را بیان می‌کند که توسط آبشار سیگنالینگ TSH و همچنین مستقیماً توسط T3 تحریک می‌شود. سهم نسبی در ترشح T3 همچنان مورد بحث است. در شرایط کمبود ید، نسبت T3 به T4 ترشح شده توسط غده افزایش می‌یابد [۳۰]. همچنین، مکانیسم‌های جذب سلولی سلنیوم و جذب گوارشی ترکیبات سلنیوم به‌طور کامل درک نشده است. این ابهام، شامل ارگان‌سازی کبدی پیش‌سازهای سلنیوم که در پروتئین ترشحی کبدی، سلنوپروتئین P، گنجانده می‌شوند نیز می‌گردد [۳۰]. در میان ترکیبات موجود در رژیم غذایی سلنیوم، سلنیت می‌تواند به‌طور مستقیم برای کمک به انتقال در سلنوپروتئین‌ها از طریق مسیر پیچیده‌ای که شامل بیوسنتز بیست و یکمین اسیدآمینه پروتئین‌ساز، سلنوسیستئین است، مورداستفاده قرار گیرد [۳۱]. سلنومتیونین، دومین اسیدآمینه حاوی سلنیوم، در جایگاه‌های متیونین در پروتئین‌ها جایگزین می‌شود. این واکنش تنظیم‌نشده و در موقعیت‌های تصادفی بسته به در دسترس بودن نسبی سلنومتیونین در مقابل متیونین حاوی گوگرد طبیعی رخ می‌دهد. بنابراین، عرضه بیشتر سلنومتیونین رژیم غذایی، ذخیره سلنیوم را در تمام پروتئین‌هایی مانند آلبومین و ایمونوگلوبولین‌ها افزایش می‌دهد، اما تأثیری مستقیم بر پروتئین‌های حاوی سلنوسیستئین که توسط ۲۵ ژن انسانی کدگذاری شده‌اند، ندارد. تنها متابولیسم پروتئین‌های حاوی سلنومتیونین از طریق انتقال سلنیوم یا تجزیه، سلنیوم را به استخر پروتئین‌های حاوی سلنوسیستئین که به‌صورت یک استراتژی کلی سنتز می‌شوند و از سلنیوم در فرم میانی H_2Se یا Se-0 استفاده می‌کنند، تأمین می‌نماید [۳۰]. علاوه بر این، شرکت کردن در فعالیت‌های ورزشی منظم از جمله تمرینات تناوبی در درمان کم‌کاری تیروئید نقش مهمی را بازی می‌کند. تمرینات تناوبی با شدت متوسط می‌تواند عملکرد تیروئید را بهبود بخشد، ترشح غده تیروئید را تحریک کرده و حساسیت بافت به هورمون‌های تیروئید را افزایش می‌دهد. تمرینات ورزشی مسیر سیگنال ذخیره انرژی و کاهش سطح محور هیپوتالاموس–هیپوفیز–تیروئید را فعال می‌سازد [۳۲]. اجرای تمرینات تناوبی همراه با سلنیوم باعث بهبود عملکرد تیروئید، کاهش TSH سرم و افزایش T3 و T4 سرمی در افراد مبتلابه کم‌کاری تیروئید می‌شود. این کاهش TSH با کاهش عملکرد سیگنال‌دهی هیپوفیز– هیپوتالاموس توضیح داده می‌شود. هورمون‌های تیروئید در طول تمرین تناوبی شدید، شارژ انرژی بالایی را دارند و فرآیندهای متابولیک را عمدتاً با اتصال به گیرنده‌های محیطی تنظیم می‌کنند. این امر باعث کاهش محور تیروئید هیپوتالاموس می‌شود که با شدت ورزش مرتبط است [۳۳]. نتایج متناقض ممکن است به این دلیل توضیح داده شود که تأثیر ورزش بر عملکرد تیروئید بحث‌برانگیز است. شدت، مدت و نوع ورزش ممکن است

الگوهای متفاوتی از پاسخ را ایجاد کند.

بر اساس نتایج به دست آماده از پژوهش حاضر برنامه تمرین تناوبی با شدت متوسط و مصرف مکمل سلنیوم منجر به افزایش معنی‌داری در کیفیت زندگی زنان مبتلابه کم‌کاری تیروئید شد. محققان دریافتند فعالیت جسمانی با ارتقاء و افزایش فعالیت‌های اجتماعی در اشخاص میانسال موجب رشد و تقویت کارکرد شناختی مغز می‌شود. همچنین آنها به این نکته پی بردند که شرکت در فعالیت جسمانی بیشتر و در گروه‌های اجتماعی بزرگتر، موجب افزایش تحریک مغز و به‌طور غیرمستقیم باعث کاهش علائم افسردگی می‌شود [۳۴].

باسو و همکاران [۳۵] در تحقیقی گزارش کردند تعدیل کننده‌های عصبی، از جمله مواد افیونی درون‌زا و اندوکانابینوئیدها نیز پس از دوره‌های تمرینات ورزشی منظم افزایش می‌یابد. سیستم شبه‌افیونی درون‌زا شامل سه خانواده از پپتیدهای شبه‌افیونی به نام‌های β-اندورفین، انکفالین و دینورفین است که در فرآیندهای مختلفی از جمله مدولاسیون درد، پاداش، پاسخ به استرس و کنترل خودکار نقش دارند. در انسان، تمرینات ورزشی باعث افزایش قابل توجهی در سطوح محیطی مواد افیونی درون‌زا می‌شود. این اثر وابسته به شدت فعالیت ورزشی در هورمون‌های محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-فوق‌کلیه است و با بهبود خلق و خوی مرتبط است.

یکی از مهمترین مزایای فعالیت بدنی، بُعد اجتماعی آن است. فرد در حین انجام ورزش، به‌ناچار در تعامل با افراد دیگر قرار می گیرد که ممکن است دارای جنبه های مشترک زیادی با آنها باشد. از این طریق فرد احساس می‌کند با دوستان خود درون یک گروه قرار دارد و در کنار آنها مشغول انجام فعالیتی مفید بوده و کمتر احساس تنهایی خواهد کرد. به این فرآیند، اجتماعی شدن می‌گویند که یکی از ابعاد متغیر چندبُعدی کیفیت زندگی است [۳۶]. یکی از دیگر مزایای روانی ورزش، بهبود عزت‌نفس و اعتماد به نفس است؛ یعنی اینکه فرد در پی حضور در فعالیت‌های ورزشی احساس می‌کند به‌اندازه افراد دیگر توانایی دارد. از این طریق فرد احساس اعتماد به نفس بیشتری خواهد کرد. داشتن تصویری بهتر از وضعیت بدنی و توانایی برخورد مناسب‌تر با مشکلات مربوط به‌سلامت بدنی نیز ازجمله مواردی است که بر اثر فعالیت بدنی و تعاملات ورزشی در فرد بهبود می‌یابد [۳۴].

بر اساس نتایج به دست آماده از پژوهش حاضر مصرف مکمل سلنیوم به همراه تمرین تناوبی با شدت متوسط منجر به کاهش معنی‌داری در سطوح CRP و شاخص‌های آنتروپومتریک همچون وزن، BMI و درصد چربی بدن زنان مبتلا به کم‌کاری تیروئید شد. اینکه چگونه تمرینات ورزشی التهاب را کاهش می‌دهد و سطح CRP را کاهش می‌دهد، به خوبی مشخص نیست. فعالیت بدنی ارتباط معکوسی با فشار خون بالا، BMI و WHR، TC، TG و غلظت آپولیپوپروتئین B دارد، در حالی که این عوامل به طور مستقیم با غلظت CRP مرتبط هستند [۳۷]. تولید CRP کبدی توسط IL-6 و به میزان کمتری توسط IL-1 و TNF-α تحریک می‌شود. میزان درصد چربی بدنی در افراد چاق و یا دارای اضافه وزن، نشانگرهای التهابی از جمله CRP، IL-6 و TNF-α را افزایش می‌دهد. همچنین شواهدی وجود دارد که سطوح لپتین در افراد تمرین کرده مستقل از BMI کاهش می‌یابد و اینکه لپتین با CRP مرتبط است. در نتیجه، فعالیت بدنی می‌تواند با کاهش چاقی و لپتین و افزایش حساسیت به آدیپونکتین و انسولین، سطوح استراحتی IL-6 و TNF-α و در نهایت تولید CRP را کاهش دهد [۳۸]. همچنین، سلنیوم یک عنصر ضروری برای سلامت انسان با خواص آنتی‌اکسیدانی اثبات شده است، زیرا بخشی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان حاوی سلنیوم از جمله گلوتاتیون پراکسیداز و تیوردوکسین ردوکتاز است. سلنیوم ممکن است دارای خواص ضدالتهابی باشد و برای عملکرد طبیعی تیروئید ضروری است. سطح سرمی سلنیوم در مطالعات مشاهده‌ای با التهاب حاد و مزمن ارتباط معکوس داشت [۳۹]. این نقش ضدالتهابی احتمالاً با افزایش تمایز سلول‌های $CD4^+$ T به سلول‌های T-helper-1 مرتبط است [۴۰]. این احتمال وجود دارد که تمرینات ورزشی همراه با مصرف مکمل سلنیوم هم به طور مستقیم با کاهش

تولید سیتوکین در سلول‌های چربی، عضلانی و تک هسته‌ای و هم به طور غیرمستقیم با افزایش حساسیت به انسولین، بهبود عملکرد اندوتلیال و کاهش وزن بدن، CRP را کاهش می‌دهد.

این مطالعه از محدودیت‌های برخوردار بود؛ از جمله تنوع رژیم غذایی افراد، پاسخ‌های سازگاری گوناگون آنها به فعالیت بدنی، تعداد کم آزمودنی‌ها به دلیل انصراف بعضی از آنها از شرکت در تحقیق، عدم بررسی اثر عادت ماهانه که بر سطح فاکتورهای التهابی و همچنین عملکرد هورمون تیروئید مؤثر است و همچنین تفاوت‌های فردی. با توجه به این محدودیت‌ها جانب احتیاط را در تعمیم نتایج باید بیشتر رعایت کرد. نتایج این تحقیق احتمالاً می‌تواند به درک بهتر در خصوص تأثیر تمرین تناوبی و مصرف مکمل سلنیوم بر بیماران دارای کم‌کاری تیروئید کمک کند. تلفیق تمرینات تناوبی و مکمل سلنیوم می‌تواند رویکرد جامعی برای درمان کم‌کاری تیروئید باشد. این روش می‌تواند عوارض جانبی داروهای شیمیایی را کاهش دهد و کیفیت زندگی بیماران را بهبود بخشد. با این حال، این روش ممکن است برای برخی بیماران مبتلا به کم‌کاری تیروئید شدید یا عوارض جانبی دیگر مناسب نباشد. همچنین ممکن است برای افراد سالمند یا افرادی که مشکلات جسمی دارند، تمرینات تناوبی سنگین باشد. علاوه بر این، مصرف بیش‌ازحد مکمل سلنیوم می‌تواند عوارض جانبی مانند حالت تهوع، استفراغ و مسمومیت را به دنبال داشته باشد. بنابراین دوز مصرف باید تحت نظارت پزشک تنظیم شود.

بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر اجرای تمرینات تناوبی با شدت متوسط همراه با مکمل سلنیوم می‌تواند در بهبود ترکیب بدن و هورمون‌های تیروئیدی در زنان مبتلا به بیماری کم‌کاری تیروئید نقش داشته باشد. از سوی دیگر کاهش سطح عامل التهابی CRP در راستای کاهش نیمرخ لیپیدی به‌عنوان بهترین نتیجه پژوهش می‌تواند در تعمیم‌پذیری آن نقش داشته باشد. بااین‌حال، نظر به اهمیت نقش فعالیت جسمانی در پیشگیری و درمان غیردارویی بیماری کم‌کاری تیروئید، پیشنهاد می‌شود برای بهبود کیفیت زندگی بیماران دارای کم‌کاری تیروئید از تمرینات تناوبی با شدت متوسط استفاده شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد نویسنده اول و دارای کد اخلاق IR.HSU.REC.1402.004 از کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه حکیم سبزواری است.

بدین وسیله از کلیه آزمودنی‌هایی که در امر انجام این مطالعه ما را یاری فرمودند نهایت تقدیر و تشکر را داریم.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که در این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافعی وجود ندارد.

سهم نویسندگان

در مقاله حاضر همه نویسندگان در ایده و اجرای طرح و نگارش و بازنگری سهیم بوده و همه با تأیید نهایی مقاله حاضر مسئولیت صحت و دقت مطالب مندرج در آن را می‌پذیرند.

منابع مالی

در این طرح از هیچ ارگانی منبع مالی دریافت نشده است.

References

1. Liu Y, Shan Z. Expert consensus on diagnosis and treatment for elderly with thyroid diseases in China (2021). Aging Medicine (Milton). 2021;4(2):70-92. doi:10.1002/agm2.12165
2. Vanderpump MP. The epidemiology of thyroid disease. British Medical Bulletin. 2011;99:39-51. doi:10.1093/bmb/ldr030
3. Garmendia Madariaga A, Santos Palacios S, Guillén-Grima F, Galofré JC. The incidence and prevalence of thyroid dysfunction in Europe: a meta-analysis. The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism. 2014;99(3):923-931. doi:10.1210/jc.2013-2409
4. Mirahmad M, Mansour A, Moodi M, Safkhani E, Haghpanah V, Asili P, et al. Prevalence of thyroid dysfunction among Iranian older adults: A cross-sectional study. Scientific Reports. 2023;13(1):21651. doi:10.1038/s41598-023-49085-2
5. Rodondi N, den Elzen WP, Bauer DC, Cappola AR, Razvi S, Walsh JP, et al. Subclinical hypothyroidism and the risk of coronary heart disease and mortality. JAMA. 2010;304(12):1365-1374. doi:10.1001/jama.2010.1361
6. Tang C, Dong Y, Lu L, Zhang N. C-reactive protein and thyroid-stimulating hormone levels as risk factors for hypothyroidism in patients with subacute thyroiditis. Endocrine connections. 2021;10(8):965-972. doi:10.1530/ec-21-0212
7. Brenta G, Fretes O. Dyslipidemias and hypothyroidism. Pediatric Endocrinology Reviews. 2014;11(4):390-399.
8. Klasson CL, Sadhir S, Pontzer H. Daily physical activity is negatively associated with thyroid hormone levels, inflammation, and immune system markers among men and women in the NHANES dataset. PLoS One. 2022;17(7):e0270221. doi:10.1371/journal.pone.0270221
9. Irwin ML, Whitt MC, LaMonte MJ, Drowatzky KL, Ainsworth BE. Relationship between physical activity and body fat in women: The cross-cultural activity participation study. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2001;33(5):S228.
10. Fathi M, Mosaferi Ziaaldini M, Khairabadi S, Hejazi K. Effect of aerobic exercise on thyroid hormones and quality of life in obese postmenopausal women. Medical Laboratory Journal. 2018;12(6):5-11. doi:10.29252/mlj.12.6.5
11. Altaye KZ, Mondal S, Legesse K, Abdulkedir M. Effects of aerobic exercise on thyroid hormonal change responses among adolescents with intellectual disabilities. BMJ Open Sport & Exercise Medicine. 2019;5(1):e000524. doi:10.1136/bmjsem-2019-000524
12. Bansal A, Kaushik A, Singh CM, Sharma V, Singh H. The effect of regular physical exercise on the thyroid function of treated hypothyroid patients: An interventional study at a tertiary care center in Bastar region of India. Archives of Medicine and Health Sciences. 2015;3(2):244-246. doi:10.4103/2321-4848.171913
13. Abassi W, Ouerghi N, Ghouili H, Haouami S, Bouassida A. Greater effects of high- compared with moderate-intensity interval training on thyroid hormones in overweight/obese adolescent girls. Hormone Molecular Biology and Clinical Investigation. 2020;41(4). doi:10.1515/hmbci-2020-0031
14. Conraads VM, Pattyn N, De Maeyer C, Beckers PJ, Coeckelberghs E, Cornelissen VA, et al. Aerobic interval training and continuous training equally improve aerobic exercise capacity in patients with coronary artery disease: The SAINTEX-CAD study. International Journal of Cardiology. 2015;179:203-210. doi:10.1016/j.ijcard.2014.10.155
15. Mahmoodianfard S, Vafa M, Golgiri F, Khoshniat M, Gohari M, Solati Z, Djalali M. Effects of zinc and selenium supplementation on thyroid function in overweight and obese hypothyroid female patients: A randomized double-blind controlled trial. Journal of the American College of Nutrition. 2015;34(5):391-399. doi:10.1080/07315724.2014.926161
16. Rees K, Hartley L, Day C, Flowers N, Clarke A, Stranges S. Selenium supplementation for the primary prevention of cardiovascular disease. The Cochrane Database of Systematic Reviews. 2013;2013(1):Cd009671. doi:10.1002/14651858.CD009671.pub2
17. Kouidrat Y, Diouf M, Desailloud R, Louhou R. Effects of a diet plus exercise program on thyroid function in patients with obesity. Metabolism Open. 2019;2:100008. doi:10.1016/j.metop.2019.100008
18. Montazeri A, Goshtasebi A, Vahdaninia M, Gandek B. The Short Form Health Survey (SF-36): translation and validation study of the Iranian version. Quality of Life Research. 2005;14(3):875-882. doi:10.1007/s11136-004-1014-5
19. Turker O, Kumanlioglu K, Karapolat I, Dogan I. Selenium treatment in autoimmune thyroiditis: 9-month follow-up with variable doses. The Journal of Endocrinology. 2006;190(1):151-156. doi:10.1677/joe.1.06661
20. Alimoradi S, Valipour Dehnou V, Fathi M. The effect of a period of aerobic training on serum levels of IGF-1 and thyroid hormones in women with subclinical hypothyroidism. Complementary Medicine Journal. 2019;9(1):3583-3597. [Persian]
21. Nie Q, Wang C, Zhou L. Association between serum selenium levels and lipids among people with and without diabetes. Nutrients. 2023;15(14):3190. doi:10.3390/nu15143190
22. Rayman MP, Stranges S, Griffin BA, Pastor-Barriuso R, Guallar E. Effect of supplementation with high-selenium yeast on plasma lipids: A randomized trial. Annals of Internal Medicine. 2011;154(10):656-665. doi:10.7326/0003-4819-154-10-201105170-00005
23. Mesdaghinia E, Rahavi A, Bahmani F, Sharifi N, Asemi Z. Clinical and metabolic response to selenium supplementation in pregnant women at risk for intrauterine growth restriction: Randomized, double-blind, placebo-controlled trial. Biological Trace Element Research. 2017;178(1):14-21. doi:10.1007/s12011-016-0911-0
24. Nie Q, Wang C, Zhou L. Association between Serum Selenium Levels and Lipids among People with and without Diabetes. Nutrients. 2023;15(14). doi:10.3390/nu15143190
25. Olson GE, Winfrey VP, Hill KE, Burk RF. Megalin mediates selenoprotein P uptake by kidney proximal tubule epithelial cells. The Journal of Biological Chemistry. 2008;283(11):6854-6860. doi:10.1074/jbc.M709945200

26. Laclaustra M, Stranges S, Navas-Acien A, Ordovas JM, Guallar E. Serum selenium and serum lipids in US adults: National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2003-2004. Atherosclerosis. 2010;210(2):643-648. doi:10.1016/j.atherosclerosis.2010.01.005
27. Jeffreys I. Developing a progressive core stability program. Strength & Conditioning Journal. 2002;24(5):65-66.
28. Onsori M, Galedari M. Effects of 12 weeks aerobic exercise on plasma level of TSH and thyroid hormones in sedentary women. European Journal of Sports and Exercise Science. 2015;4(1):45-49.
29. Winther KH, Bonnema SJ, Cold F, Debrabant B, Nybo M, Cold S, Hegedüs L. Does selenium supplementation affect thyroid function? Results from a randomized, controlled, double-blinded trial in a Danish population. European Journal of Endocrinology. 2015;172(6):657-667. doi:10.1530/eje-15-0069
30. Köhrle J, Gärtner R. Selenium and thyroid. Best Practice & Research. Clinical Endocrinology & Metabolism. 2009;23(6):815-827. doi:10.1016/j.beem.2009.08.002
31. Rayman MP. Food-chain selenium and human health: Emphasis on intake. The British Journal of Nutrition. 2008;100(2):254-268. doi:10.1017/s0007114508939830
32. Steinacker JM, Brkic M, Simsch C, Nething K, Kresz A, Prokopchuk O, Liu Y. Thyroid hormones, cytokines, physical training and metabolic control. Hormone and Metabolic Research. 2005;37(9):538-544. doi:10.1055/s-2005-870419
33. Sultan S, Rashed L. Effect of low calorie diet and exercise on thyroid hormones and leptin levels. The Medical Journal of Cairo University 2009;77(1):33-39.
34. Sadegh S, Fathei M, Hejazi K, Kiani Gol M. The effect of 8 weeks of aerobic training on adiponectin levels and quality of life in inactive middle-aged women. Qom University of Medical Sciences Journal. 2016;10(9):1-11. [Persian]
35. Basso JC, Suzuki WA. The Effects of Acute Exercise on Mood, Cognition, Neurophysiology, and Neurochemical Pathways: A Review. Brain Plast. 2017;2(2):127-152. doi:10.3233/bpl-160040
36. Kargarfard M, Dehghani M, Heidari A. Effect of a period of aquatic exercise therapy on the quality of life, anxiety and depression in patients with hemophilia. Koomesh. 2011;12(4):364-372. [Persian]
37. Ford ES. Does exercise reduce inflammation? Physical activity and C-reactive protein among U.S. adults. Epidemiology. 2002;13(5):561-568. doi:10.1097/00001648-200209000-00012
38. Kasapis C, Thompson PD. The effects of physical activity on serum C-reactive protein and inflammatory markers: a systematic review. J Am Coll Cardiol. 2005;45(10):1563-1569. doi:10.1016/j.jacc.2004.12.077
39. Maehira F, Miyagi I, Eguchi Y. Selenium regulates transcription factor NF-kappaB activation during the acute phase reaction. Clin Chim Acta. 2003;334(1-2):163-171. doi:10.1016/s0009-8981(03)00223-7
40. Hoffmann FW, Hashimoto AC, Shafer LA, Dow S, Berry MJ, Hoffmann PR. Dietary selenium modulates activation and differentiation of CD4+ T cells in mice through a mechanism involving cellular free thiols. J Nutr. 2010;140(6):1155-1161. doi:10.3945/jn.109.120725