



Research Article

Effect of Eight Weeks of Moderate Intensity Interval Training with Selenium Supplementation on Oxidative Stress Levels, Body Composition, and Functional Indices in Women with Hypothyroidism

Maryam Ebrahimi¹ , Keyvan Hejazi^{2*} , Amir Hossein Haghighi³ , Najmeh Rahimi^{4, 5}

¹ MSc in Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

² Assistant Professor in Sport Physiology, Department of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

³ Professor in Sport Physiology, Department of Sport Sciences, 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, Hakim Sabzevari University, Tohid Shahr, Sabzevar; Department of Physical Education and Sport Sciences. E-mail: k.hejazi@hsu.ac.ir.

DOI: [10.32592/nkums.16.4.77](https://doi.org/10.32592/nkums.16.4.77)

How to Cite this Article:

Ebrahimi M, Hejazi K, Haghighi A, Rahimi N. Effect of Eight Weeks of Moderate Intensity Interval Training with Selenium Supplementation on Oxidative Stress Levels, Body Composition, and Functional Indices in Women with Hypothyroidism. J North Khorasan Univ Med Sci. 2024;16(4):77-86. DOI: [10.32592/nkums.16.4.77](https://doi.org/10.32592/nkums.16.4.77)

Received: 01 Nov 2023

Accepted: 01 May 2024

Keywords:

Body composition
Hypothyroidism
Selenium
Moderate intensity interval training
Oxidative stress

Abstract

Introduction: Thyroid diseases are common health issues worldwide, especially among women. The occurrence of thyroid diseases is increasingly associated with oxidative stress. The present study aimed to assess the effect of eight weeks of moderate intensity interval training with selenium supplementation on oxidative stress levels, body composition, and functional indices in women with hypothyroidism.

Method: In this quasi-experimental study, 46 women with hypothyroidism were randomly assigned to four groups: placebo, selenium supplement, moderate-intensity interval training+ selenium, and moderate-intensity interval training+placebo. Selenium tablets contain 200 micrograms of selenium and placebo contains chickpea flour, which should be taken daily in one meal before exercise. The exercise program consisted of eight weeks, three sessions per week, each lasting 20-40 minutes at an intensity equivalent to 60%-80% of maximum heart rate. Paired t-test was used for intragroup changes, and one-way analysis of variance with repeated measures was employed for between-group changes.

Results: The results indicated significant statistical differences in the time interaction changes within the groups in variables, such as body weight ($P=0.001$), body mass index ($P=0.001$), body fat percentage ($P=0.001$), malondialdehyde ($P=0.001$), glutathione peroxidase ($P=0.004$), muscle endurance ($P=0.001$), and hand grip strength ($P=0.001$).

Conclusion: As evidenced by the findings of the current study, it is likely that intermittent moderate-intensity exercise with selenium supplementation can be used to improve thyroid hormones and prevent the negative effects of hypothyroidism in women.



تأثیر هشت هفته تمرین تناوبی همراه با مکمل سلنیوم بر سطوح استرس اکسیداتیو، ترکیب بدن و شاخص‌های عملکردی زنان مبتلا به بیماری کم کاری تیروئید

مریم ابراهیمی^۱، کیوان حجازی^{۲*}، امیرحسین حقیقی^۳، نجمه رحیمی^۴، ^۵id

^۱ کارشناسی ارشد، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
^۲ استادیار، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
^۳ استاد، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشگاه حکیم سبزواری، 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، گروه مدیریت و فیزیولوژی ورزش، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران. ایمیل: k.hejazi@hsu.ac.ir

DOI: 10.32592/nkums.16.4.77

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۱۰	چکیده
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۲	مقدمه: بیماری‌های تیروئیدی از جمله مشکلات شایع سلامت در سراسر جهان، به‌ویژه در میان زنان هستند. بروز بیماری‌های تیروئید به‌طور فزاینده‌ای با استرس اکسیداتیو مرتبط است. هدف از انجام این پژوهش، بررسی تأثیر هشت هفته تمرین تناوبی همراه با مکمل سلنیوم بر سطوح استرس اکسیداتیو، ترکیب بدن و شاخص‌های عملکردی زنان مبتلا به بیماری کم کاری تیروئید است.
واژگان کلیدی: سلنیوم کم کاری تیروئید استرس اکسیداتیو ترکیب بدن تمرین تناوبی با شدت متوسط	روش کار: در این مطالعه نیمه تجربی، ۴۶ زن مبتلا به بیماری کم کاری تیروئید به‌صورت تصادفی در چهار گروه دارونما، مکمل سلنیوم، تمرین تناوبی با شدت متوسط + سلنیوم و تمرین تناوبی با شدت متوسط + دارونما تقسیم شدند. قرص سلنیوم حاوی ۲۰۰ میکروگرم سلنیوم و دارونما حاوی آرد نخود بود که می‌بایست روزانه ۱ عدد در یک وعده غذایی، قبل از تمرین ورزشی مصرف می‌کردند. برنامه تمرینی شامل هشت هفته، هر هفته سه جلسه و هر جلسه به مدت ۲۰ تا ۴۰ دقیقه با شدتی معادل ۶۰ تا ۸۰ درصد ضربان قلب بیشینه انجام شد. آزمون تی زوجی برای تغییرات درون گروهی و آزمون تحلیل واریانس یک طرفه با اندازه‌های تکراری برای تغییرات بین گروهی استفاده شد.
	یافته‌ها: نتایج نشان داد تغییرات تعامل زمان در گروه در متغیر وزن بدن ($P=0/001$)، نمایه توده بدن ($P=0/001$)، درصد چربی بدن ($P=0/001$)، مالون‌دی‌آلدئید ($P=0/001$)، گلو‌تاتیون پراکسیداز ($P=0/004$)، استقامت عضلانی ($P=0/001$) و قدرت دست ($P=0/001$) به‌لحاظ آماری معنی‌دار است.
	نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج تحقیق حاضر، احتمالاً می‌توان از تمرین تناوبی با شدت متوسط همراه با مکمل سلنیوم برای بهبود هورمون‌های تیروئید و جلوگیری از تأثیر مخرب کم کاری تیروئید برای زنان مبتلا به کم کاری تیروئید استفاده کرد.

مقدمه

به‌ویژه در زنان، اهمیت دارد. زنان بیشتر از مردان مستعد ابتلا به اختلالات تیروئید هستند که پیامدهای مهمی بر سلامت باروری و کیفیت زندگی آن‌ها دارد [۳]. کم کاری تیروئید در زنان می‌تواند به بی‌نظمی‌های قاعدگی مانند اولیگومنوره (قاعدگی نادر) منجر شود و با هیپروپرولاکتینمی (سطوح بالای هورمون پرولاکتین) همراه است که می‌تواند چرخه‌های قاعدگی و باروری را بیشتر مختل کند [۴]. علاوه بر این، به‌طور قابل توجهی بر متابولیسم بدن تأثیر می‌گذارد و به علائمی مانند خستگی، افزایش وزن و تغییر در شناخت منجر می‌شود. این علائم، به‌ویژه برای زنان، نگران‌کننده است. متابولیسم کند مرتبط با کم کاری تیروئید می‌تواند این چالش‌ها را در زنان تشدید کند [۵].

تیروئید یک غده مهم در بدن است که هورمون‌هایی تولید می‌کند که وظیفه تنظیم فعالیت سلول‌ها و سایر غده‌های داخلی را دارند. اختلالات تیروئید ممکن است شامل هیپوتیروئیدیسم (کم کاری تیروئید) و هیپرتیروئیدیسم (افزایش فعالیت تیروئید) باشد [۱]. بیماری کم کاری تیروئید یا هیپوتیروئیدیسم یک وضعیت است که تیروئید کمتر از مقدار معمول هورمون‌های تیروئید را تولید می‌کند و زمانی اتفاق می‌افتد که غده تیروئید قادر به تولید مقادیر کافی هورمون تیروکسین (Thyroxine- T_4) و تری‌یدوتیرونین (T-3-Triiodothyronine) نیست [۲]. در این راستا، کم کاری تیروئید به‌دلیل تأثیرات گسترده آن بر عملکردهای مختلف بدن، از جمله میزان متابولیسم، سلامت باروری و رفاه کلی،

(Catalase-CAT) و GPx می‌شود و عامل کاهش رادیکال‌های آزاد تولیدی در بدن است [۲۲، ۲۳]. در صورتی که تمرینات بدنی شدید بی‌هوای طولانی مدت تولید رادیکال‌های آزاد و بروز صدمات سلولی را افزایش می‌دهد و موجب تحریک تولید گونه‌های فعال اکسیژن و کاهش سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی می‌شود [۲۴]. در این زمینه، تحقیقات مختلفی جهت تعیین روابط بین شرایط مختلف تمرین و اثرات آن بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو انجام شده است [۲۵-۲۷].

به‌طور خلاصه، شناسایی عوامل خطرزا برای اختلالات تیروئیدی ممکن است به پزشکان کمک کند تا افراد در معرض خطر یا مبتلا به اختلالات تیروئید تحت بالینی را تشخیص دهند و درمان فوری برای بهبود نتایج بیماران ارائه کنند و این امر برای روشن کردن مکانیسم‌های پاتوفیزیولوژیکی زمینه‌ای این اختلالات تیروئید بسیار مهم است. با توجه به ضدونقیض بودن نتایج بررسی‌های اثر تمرین و مکمل سلنیوم بر هورمون‌های تیروئیدی [۲۸، ۲۹] و با توجه به این نکته که تاکنون تحقیقات بسیار اندکی در ارتباط با اثر هم‌زمان مکمل سلنیوم همراه با تمرین تناوبی بر سطوح شاخص‌های استرس اکسیداتیو بیماران کم‌کاری تیروئید صورت گرفته است، محققان به دنبال پاسخ به این سؤال هستند که آیا هشت هفته تمرین تناوبی با و بدون مکمل سلنیوم بر سطوح شاخص‌های استرس اکسیداتیو، ترکیب بدن و شاخص‌های عملکردی زنان مبتلا به کم‌کاری تیروئید تأثیر می‌گذارد یا خیر؟

روش کار

آزمودنی‌ها

پژوهش حاضر از نوع کاربردی و روش نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با چهار گروه مقایسه شدند که در سال ۱۴۰۱ در شهرستان سبزوار صورت پذیرفت. جامعه آماری این پژوهش زنان مبتلا به بیماری کم‌کاری تیروئید بودند. براساس تشخیص پزشک متخصص، معیارهای ورود به پژوهش شامل داشتن سابقه گذشت حداقل یک سال از بیماری، ورزش کار نبودن و عدم فعالیت منظم ورزشی، عدم ابتلا به بیماری‌های مزمن (قلبی-عروقی، کلیوی و دیابت) و استفاده یکسان آزمودنی‌ها از داروهای کنترل تیروئیدی تحت نظارت پزشک متخصص غدد و معیارهای خروج از پژوهش عدم شرکت دوجلسه‌ای در تمرینات، ناتوانی عصبی-عضلانی در اجرای تمرینات ورزشی، سابقه استعمال دخانیات و بارداری بودند. آزمودنی‌ها براساس شرایط پژوهش به صورت داوطلبانه در پژوهش شرکت و فرم رضایت‌نامه را آگاهانه امضا کردند. آزمودنی‌ها پس از معاینه قلبی-عروقی، اندازه‌گیری فشارخون و ثبت الکتروکاردیوگرام توسط پزشک متخصص، مجوز ورود به طرح را کسب کردند.

تعداد نمونه‌ها با نرم‌افزار G.POWER 3.1 و براساس مطالعه بانسال (Bansal) و همکاران (۲۰۱۵) تعیین شد [۲۹]. براین اساس، سطح آلفا ۰/۰۵ و توان آماری ۰/۸۵ و اندازه اثر ۰/۲۸ در نظر گرفته شده و براین اساس تعداد نمونه توصیه شده توسط نرم‌افزار ۴۴ نفر برآورد شد که با در نظر گرفتن احتمال ریزش تعداد نمونه‌ها طی پژوهش، تعداد ۴۶ نفر

اختلال عملکرد زنجیره تنفسی میتوکندری ناشی از کم‌کاری تیروئید می‌تواند به تولید تسریع رادیکال‌های آزاد منجر شود [۶]. گزارش شده است که پراکسیداسیون لیپید در هیپرلیپیدمی زیاد است که یک ویژگی بیوشیمیایی ثابت در کم‌کاری تیروئید است [۷]. اختلال متابولیک ناشی از کم‌کاری تیروئید مبتنی بر خودایمنی نیز می‌تواند استرس اکسیداتیو را افزایش دهد [۸]. استرس اکسیداتیو اثر عدم تعادل ردوکس بین گونه‌های فعال اکسیژن و دفاع آنتی‌اکسیدانی است [۹] که ممکن است هم به دلیل تولید بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن (Reactive oxygen species-ROS) و هم به دلیل یک سیستم آنتی‌اکسیدانی ناکارآمد و در نتیجه آسیب مولکولی ایجاد شود [۱۰].

مکانیسم‌های دفاعی مختلفی که در برابر آسیب رادیکال آزاد محافظت می‌کنند، در بخش‌های مختلف سلولی از جمله شبکه آندوپلاسمی میتوکندری، غشای پلازما، پراکسی‌زوم و سیتوزول مشخص شده‌اند. آنزیم‌هایی مانند مالون‌دی‌آلدئید (MDA-Malondialdehyde) و گلوکاتایون پراکسیداز (Glutathione peroxidase-GPx) و پروتئین‌های اتصال فلزی انتقال مانند ترانس‌فرین، فریتین و سرولوپلاسمین از تولید یا به سرعت غیرفعال کردن رادیکال‌های آزاد جلوگیری می‌کنند [۱۱]. مالون‌دی‌آلدئید باعث اختلال در ساختمان و عمل غشای سلولی می‌شود [۱۱].

بررسی مالون‌دی‌آلدئید یک شاخص مفید برای نشان دادن سطح بالای پراکسیداسیون چربی است که به نقص عمل سلول منجر می‌شود [۱۲]. گلوکاتایون پراکسیدازها از گلوکاتایون به عنوان دهنده الکترون استفاده می‌کنند و هم با هیدروژن پراکسید و هم با لایه‌های آلی هیدروپراکسید آلی فعال هستند [۱۳]. دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن در برابر اثرات منفی ROS به چندین روش صورت می‌پذیرد که شامل جلوگیری از تشکیل رادیکال‌ها، پاک‌سازی آن‌ها و ترمیم آسیب‌های ناشی از ROS است [۱۴، ۱۵].

از جمله مکمل‌هایی که خواص آنتی‌اکسیدانی قوی در برابر رادیکال‌های آزاد دارد و باعث بهبود بیماری کم‌کاری تیروئید می‌شود، سلنیوم است [۱۵-۲۰]. سلنیوم بر متابولیسم هورمون تیروئید و عملکرد سلول اثر می‌گذارد [۱۹]. سلنیوم با تغییر بیان حداقل ۳۰ سلنوپروتئین که بسیاری از آن‌ها عملکردهای مشخصی دارند، اقدامات متعددی بر روی سیستم‌های غدد درون‌ریز اعمال می‌کند. یکی از سلنواُنزیم‌های مشخص شامل گلوکاتایون پراکسیدازهاست که به عنوان آنتی‌اکسیدان و تغییر وضعیت ردوکس بر متابولیسم هورمون تیروئید و عملکرد سلول اثر می‌گذارد [۲۰]. علاوه بر این، یکی از ساده‌ترین راه‌های دستیابی به سلامتی، انجام فعالیت‌های بدنی است [۲۱]. شرکت کردن در تمرینات ورزشی می‌تواند بر عملکرد سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن و حساسیت برای بروز التهاب اثر دوسویه داشته باشد. چنانچه شرکت در فعالیت‌های هوازی با شدت متوسط باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی سوپراکسید دیسموتاز (Superoxide dismutase-SOD)، کاتالاز

اوج اکسیژن مصرفی، از فرمول کلاین و همکاران استفاده گردید. در این فرمول وزن بدن فرد برحسب پوند، سن برحسب سال، فاکتور جنسیت (مردان= ۱ و زنان= ۰)، زمان کامل کردن یک مایل برحسب دقیقه و ضربان قلب پس از انجام این آزمون برحسب ضربه بر دقیقه به معادله ۳ وارد شد [۳۰].

معادله ۳:

$$VO_{2max} (ML.kg^{-1}.min^{-1}) = (0.3877 - (وزن \times 0.0769 - 132/853) - (0.1565 - (زمان \times 0.2649 - 3) - (فاکتور جنسیت \times 6/318) + (سن \times (ضربان قلب \times$$

فشارخون (سیستولی - دیاستولی)

فشارخون ۳ مرتبه با فاصله یک دقیقه اندازه‌گیری و میانگین‌های دوم و سوم ثبت شد. از هر آزمودنی قبل از شروع فعالیت بدنی میزان فشارخون با استفاده از دستگاه (Maximed Exipres TD-3018) اندازه‌گیری شد و با استفاده از فرمول فشارخون متوسط شریانی به فشارخون متوسط تبدیل گردید (معادله ۴).

$$3 \text{ (فشارخون سیستولی + فشارخون دیاستولی} \times 2) = \text{فشارخون متوسط:}$$

معادله ۴

نحوه مصرف مکمل سلنیوم

شرکت‌کنندگان قرص سلنیوم حاوی ۲۰۰ میکروگرم سلنیوم (ساخت شرکت Webber Natural کانادا) و دارونما مشابه با مکمل‌های موردنظر (ساخت مرکز رشد و فناوری دارویی دانشگاه علوم پزشکی تهران) حاوی (آرد نخود) به مدت هشت هفته علاوه بر داروی معمول خود مصرف کردند [۳۱]. بیماران مکمل‌ها و دارونماهای مربوط را در بسته‌بندی‌های مشابه در دو نوبت که هر بسته برای مصرف چهار هفته آن‌ها کافی بود، دریافت کردند. به بیماران درمورد نحوه و زمان مصرف مکمل‌ها توضیح داده شد که می‌بایست روزانه ۱ عدد مکمل سلنیوم یا دارونمای مربوط را در یک وعده غذایی، قبل از تمرین ورزشی مصرف می‌کردند.

نمونه‌گیری بزاق

نمونه‌گیری بزاق در دو مرحله پیش و پس از هشت هفته انجام شد. ابتدا، یک روز قبل از انجام شروع پروتکل تحقیقاتی در وضعیت نشسته و در حالت استراحت ۳ میلی‌لیتر بزاق کامل تحریک‌نشده از هر نفر جمع‌آوری شد. شرایط نمونه‌گیری به این ترتیب بود که ۹۰ دقیقه قبل از نمونه‌گیری ماده‌ای مصرف نکرده باشند و دهان را با آب شست‌وشو دهند و پس از ۵ دقیقه داخل لوله آزمایش هر دو دقیقه یک‌بار تا ۱۰ دقیقه بزاق خود را در لوله آزمایش خالی کردند و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد فریز شد. سپس، در پایان برنامه تمرینی هشت‌هفته‌ای، به مدت ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین، نمونه‌گیری مجدد صورت پذیرفت. برای تعیین میزان سطوح مالون‌دی‌آل‌دئید و گلو‌تاتیون‌پراکسیداز بزاقی از روش الایزا توسط کیت zellBio ساخت کشور آلمان استفاده شد.

به‌صورت داوطلبانه انتخاب شدند و در پژوهش حاضر شرکت کردند. شرکت‌کنندگان به‌طور تصادفی به چهار گروه دارونما (۱۱ نفر)، مصرف مکمل سلنیوم (۱۱ نفر)، تمرین تناوبی با شدت متوسط+ سلنیوم (۱۲ نفر) و گروه تمرین تناوبی با شدت متوسط+ دارونما (۱۲ نفر) تقسیم شدند. قابل‌ذکر است در کلیه مراحل تحقیق، اصول بیابیه هلسینکی و نظرات کمیته اخلاق در پژوهش رعایت شد. همچنین، مراحل مربوط به آزمایش‌ها در کمیته اخلاق در پژوهش‌های پزشکی در دانشگاه حکیم سبزواری با کد IR.HSU.REC.۱۴۰۲. ۰۱۶ تصویب گردید. تمامی جلسات تمرینی تحت نظر فیزیولوژیست ورزشی صورت پذیرفت.

اندازه‌های تن‌سنجی

وزن بدن (کیلوگرم) و قد (سانتی‌متر) به ترتیب با استفاده از ترازوی دیجیتال و قدسنج با مارک سکا ساخت کشور آلمان اندازه‌گیری شد. شاخص توده بدنی از طریق تقسیم وزن (کیلوگرم) بر مجذور قد (متر) برحسب کیلوگرم بر مترمربع با استفاده از معادله ۱ محاسبه گردید.

معادله ۱:

قد (متر)^۲/وزن (کیلوگرم) = شاخص توده بدنی (کیلوگرم/مترمربع)
اندازه‌گیری دور کمر: دور کمر در باریک‌ترین ناحیه کمر و دور لگن در بزرگ‌ترین محیط لگن به کمک متر نواری غیرقابل‌ارتجاع و بدون هرگونه فشاری به متر اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری نسبت دور کمر به لگن، از تقسیم حداقل دور کمر و حداکثر دور لگن، نسبت دور کمر به لگن تعیین گردید.

برای اندازه‌گیری درصد چربی بدن و تراکم استخوان (Bone density- BD) به‌وسیله کالیبر اسلیم‌گاید (ساخت کشور آمریکا) به ترتیب از معادله چین‌خوردگی پوست جکسون و پولاک سه‌نقطه‌ای (سه سر بازو، فوق‌خاصره و ران پا) و معادله سیری و به شرح زیر از معادله ۲ استفاده شد که منظور از Z مجموع چین‌های پوستی سه سر، ران و فوق‌ایلیاک برحسب میلی‌متر است. توده بدون چربی نیز از حاصل ضرب درصد چربی در جرم کل تقسیم بر ۱۰۰ به دست می‌آید.

معادله ۲:

$$BD = 1/0.994291 - 0.0009929 (Z) + 0.000023 (Z2) - 0.0001392 (سن)$$

$$100 \times [(4/95/BD) - 4/5] = \text{درصد چربی بدن}$$

شاخص‌های عملکردی

برای اندازه‌گیری شاخص‌های عملکردی، از استقامت عضلانی شکم (آزمون درازونشست)، قدرت دست (آزمون دینامومتر دستی) و استقامت قلبی‌تنفسی (آزمون راکپورت) استفاده شد.

حداکثر اکسیژن مصرفی

برای اندازه‌گیری حداکثر اکسیژن مصرفی، از شرکت‌کنندگان درخواست شد پس از گرم کردن بدن، مسافت ۱۶۰۹ متر را با سرعت ممکن راه بروند. ضربان قلب شرکت‌کنندگان قبل، بلافاصله، یک و سه دقیقه پس از اتمام یک مایل راه رفتن ثبت شد. سپس برای محاسبه

برنامه تمرینی تناوبی با شدت متوسط

برنامه فعالیت تناوبی با شدت متوسط شامل ۱۰ دقیقه فعالیت به صورت گرم کردن در ابتدا و ۱۰ دقیقه سرد کردن در انتهای هر جلسه و سپس انجام حرکات کششی، حرکات موزون و ریتمیک بود. مدت زمان 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 درصد ضربان قلب بیشینه شروع و در هفته هشتم به صورت فزاینده به ۸۰-۷۵ درصد ضربان قلب بیشینه افزایش یافت (جدول ۱). ضربان قلب بیشینه از فرمول ۲۲۰ منهای سن محاسبه شد. شدت تمرین با استفاده از ضربان سنج پولار کنترل گردید [۳۲].

جدول ۱. برنامه تمرینی تناوبی با شدت متوسط در گروه‌های تمرینی در زنان مبتلا به کم‌کاری تیروئید

هفته	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم
تعداد جلسه در هفته	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
شدت تمرین (ضربان قلب بیشینه)	۶۵-۶۰	۶۵-۶۰	۶۵-۷۰	۶۵-۷۰	۷۵-۷۰	۷۵-۷۰	۷۵-۸۰	۷۵-۸۰
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 ۳/۳۰ دقیقه

آنالیز آماری

پس از جمع‌آوری و وارد کردن اطلاعات به دست آمده در محیط نرم افزار SPSS نسخه ۲۶، داده‌های خام تجزیه و تحلیل شدند. برای تأیید فرض نرمال بودن داده، از آزمون شاپیرو-ویلک و برابری واریانس گروه‌ها توسط آزمون لون، از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه با اندازه‌های تکراری برای تغییرات درون گروهی و بین گروهی استفاده شد. به منظور ارزیابی مقایسه دویه‌دوی گروه‌ها، از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده گردید. برای تعیین معنی‌داری نتایج، سطح $P < 0.05$ به عنوان ضابطه تصمیم‌گیری در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

مشخصات آزمودنی‌های گروه‌های تجربی و کنترل در جدول ۲ نشان داده شده‌اند. نتایج جدول ۳ نشان داد تغییرات تعامل زمان در گروه در

جدول ۲. ویژگی‌های آزمودنی‌های شرکت کننده در مطالعه

گروه‌ها	سن (سال)	قد (متر)	وزن (کیلوگرم)	نمایه توده بدن
مکمل	۳۹/۰۰ ± ۷/۲۹	۱۶۲/۲۷ ± ۶/۹۸	۷۳/۵۵ ± ۵/۶۷	۲۷/۸۰ ± ۲/۰۷
تمرین و مکمل	۳۸/۰۸ ± ۶/۸۲	۱۶۴/۶۶ ± ۷/۳۸	۷۶/۳۳ ± ۹/۹۶	۲۷/۹۵ ± ۱/۹۵
تمرین و دارونما	۴۲/۰۰ ± ۶/۹۸	۱۶۴/۰۸ ± ۴/۴۶	۷۲/۲۶ ± ۶/۲۰	۲۶/۷۸ ± ۲/۵۱
دارونما	۳۷/۳۶ ± ۶/۱۰	۱۶۴/۰۹ ± ۶/۵۹	۷۵/۶۹ ± ۶/۳۶	۲۸/۰۰ ± ۲/۰۱

جدول ۳. مقایسه تغییرات واریانس درون گروهی و بین گروهی بر ترکیب بدن زنان مبتلا به کم‌کاری تیروئید

متغیرها	گروه‌ها	پیش‌آزمون (میانگین و انحراف استاندارد)	پس‌آزمون (میانگین و انحراف استاندارد)	تغییرات			
				درون گروهی			
				سطح معنی‌داری	درصد تغییرات	زمان معنی‌داری	نتایج آزمون اندازه‌های تکراری
وزن (کیلوگرم)	مکمل	۷۳/۲۳ ± ۵/۶۷	۷۳/۵۶ ± ۵/۸۲	۰/۰۱۳	۰/۴۴	۰/۰۰۱	تعامل زمان در گروه
	تمرین و مکمل	۷۶/۳۳ ± ۹/۹۶	۷۴/۶۶ ± ۹/۹۱	۰/۰۰۱	-۲/۲۳	۰/۴۴۱	گروه سطح معنی‌داری
	تمرین + دارونما	۷۲/۲۶ ± ۶/۲۰	۷۰/۵۹ ± ۶/۳۷	۰/۰۰۱	-۲/۳۶	۰/۰۰۱	سطح معنی‌داری
	دارونما	۷۵/۶۹ ± ۶/۳۶	۷۵/۹۰ ± ۶/۲۵	۰/۰۰۲	۰/۲۷	۰/۰۰۱	سطح معنی‌داری
نمایه توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع)	مکمل	۲۷/۸۰ ± ۲/۰۷	۲۷/۹۸ ± ۲/۰۸	۰/۰۰۵	۰/۶۴	۰/۰۰۱	تعامل زمان در گروه
	تمرین و مکمل	۲۷/۹۵ ± ۱/۹۵	۲۷/۳۲ ± ۱/۹۸	۰/۰۰۱	-۰/۹۸	۰/۳۰۴	گروه سطح معنی‌داری
	تمرین + دارونما	۲۶/۷۸ ± ۲/۵۱	۲۶/۱۷ ± ۲/۵۱	۰/۰۰۱	۱/۴۹	۰/۰۰۱	سطح معنی‌داری
	دارونما	۲۸/۰۰ ± ۲/۰۱	۲۸/۰۷ ± ۲/۰۶	۰/۲۰۸	۰/۲۴	۰/۰۰۱	سطح معنی‌داری

ادامه جدول ۳

نسبت دور کمر به لگن	مکمل	تمرین و مکمل	تمرین + دارونما	دارونما	۰/۷۸±۰/۰۲	۰/۷۶±۰/۰۳۱	۰/۱۳۸	۰/۰۰	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۱۳
	۲۵/۱۰±۱/۳۵	۲۶/۱۵±۰/۷۴	۲۵/۱۸±۰/۸۵	۲۵/۵۵±۱/۲۱	۰/۰۰۱	۰/۷۶±۰/۰۳	۰/۰۰۱	-۱/۲۵	۰/۰۰۱	-۱/۲۵	-۱/۲۵
درصد چربی بدن (درصد)	۲۵/۳۸±۱/۴۴	۲۶/۸۴±۰/۵۶	۲۵/۶۹±۰/۶۴	۲۵/۶۴±۱/۳۴	۰/۰۰۱	۰/۷۶±۰/۰۳	۰/۰۰۱	-۵/۲۶	۰/۰۰۱	-۵/۲۶	-۵/۲۶
	۲۵/۳۸±۱/۴۴	۲۶/۸۴±۰/۵۶	۲۵/۶۹±۰/۶۴	۲۵/۶۴±۱/۳۴	۰/۰۲۷	۰/۷۶±۰/۰۳	۰/۰۲۷	۱/۲۱	۰/۰۲۷	۱/۲۱	۱/۲۱

* سطح معنی داری پذیرفته شده $P < 0.05$

در متغیر فشارخون دیاستولی، فقط در گروه تمرین + دارونما تغییر معنی داری دیده شد ($P = 0.045$).

براساس نتایج جدول ۵، بین گروه‌های مختلف، تغییرات تعامل زمان در گروه در متغیر استقامت عضلانی ($P = 0.001$) و قدرت دست ($P = 0.001$) به لحاظ آماری معنی دار است. نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی نشان داد تنها در متغیر استقامت عضلانی بین دو گروه دارونما با مکمل + تمرین ($P = 0.02$) و در متغیر قدرت دست در بین دو گروه دارونما با مکمل ($P = 0.04$) و گروه مکمل با تمرین + دارونما تفاوت معنی داری وجود دارد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های درون گروهی نشان می‌دهد متغیر استقامت عضلانی در گروه تمرین به همراه مکمل و تمرین + دارونما افزایش معنی داری دارد. متغیر قدرت دست فقط در گروه تمرین + دارونما افزایش معنی دار ($P = 0.001$) و در گروه مکمل کاهش معنی داری دارد. متغیر استقامت قلبی تنفسی در هیچ کدام از گروه‌ها تغییر معنی داری نیافت.

نتایج جدول ۴ نشان داد تغییرات تعامل زمان در گروه در متغیر مالون دی‌آلدئید ($P = 0.001$) و گلوکاتایون پراکسیداز ($P = 0.004$) به لحاظ آماری معنی دار است. همچنین، تغییرات تعاملی زمان در گروه در متغیر فشارخون سیستولی و دیاستولی به لحاظ آماری معنی دار نیست. نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی نشان داد بین متغیر مالون دی‌آلدئید با دو گروه دارونما با مکمل ($P = 0.03$)، دارونما با مکمل + تمرین ($P = 0.02$) و دارونما با تمرین + دارونما ($P = 0.03$) و گلوکاتایون پراکسیداز بین دو گروه دارونما با مکمل ($P = 0.001$) و مکمل با تمرین + دارونما ($P = 0.002$) تفاوت معنی داری وجود دارد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های درون گروهی نشان می‌دهد که متغیر مالون دی‌آلدئید و گلوکاتایون پراکسیداز در گروه‌های مکمل ($P = 0.001$)، تمرین به همراه مکمل ($P = 0.001$)، تمرین + دارونما ($P = 0.001$) به ترتیب کاهش و افزایش معنی داری یافت. همچنین، متغیر فشارخون سیستولی در گروه مکمل، تمرین به همراه مکمل و تمرین + دارونما تغییر معنی داری ندارد.

جدول ۴. مقایسه تغییرات واریانس درون گروهی و بین گروهی شاخص‌های استرس اکسیداتیو و فشارخون سیستولی و دیاستولی زنان مبتلا به کم کاری تیروئید

متغیرها	گروه‌ها	پیش آزمون (میانگین و انحراف استاندارد)	پس آزمون (میانگین و انحراف استاندارد)	تغییرات			
				سطح معنی داری	درصد تغییرات	زمان سطح معنی داری	نتایج آزمون اندازه‌های تکراری
مالون دی آلدئید ($\mu\text{mol/l}$)	مکمل	۲/۷۴±۰/۴۱	۲/۳۰±۰/۳۷	۰/۰۰۱	-۲۴/۵۴	۰/۰۰۱	تعامل زمان در گروه
	تمرین و مکمل	۲/۸۷±۰/۴۴	۲/۰۴±۰/۴۰	۰/۰۰۱	-۴۰/۶۸	۰/۰۰۱	گروه سطح معنی داری
	تمرین + دارونما	۲/۷۴±۰/۳۷	۲/۲۱±۰/۲۹	۰/۰۰۱	-۲۳/۹۸	۰/۰۰۱	سطح معنی داری
	دارونما	۲/۶۹±۰/۲۶	۲/۸۷±۰/۳۸	۰/۱۶۶	۶/۲۷	۰/۱۶۶	
گلوکاتایون پراکسیداز ($\mu\text{mol/l}$)	مکمل	۲۲۹/۱۵±۱۴/۸۰	۲۳۵/۸۰±۱۴/۸۳	۰/۰۰۱	۲/۸۲	۰/۰۰۱	تعامل زمان در گروه
	تمرین و مکمل	۲۴۲/۳۸±۱۵/۱۷	۲۴۶/۸۳±۱۵/۵۷	۰/۰۰۱	۱/۸۰	۰/۰۰۱	گروه سطح معنی داری
	تمرین + دارونما	۲۵۳/۱۰±۱۴/۴۷	۲۵۸/۳۷±۱۶/۷۹	۰/۰۲	۲/۰۳	۰/۰۲	سطح معنی داری
	دارونما	۲۵۱/۳۳±۲۰/۰۴	۲۵۱/۳۲±۲۰/۰۳	۰/۳۹۵	-۰/۰۰۳	۰/۳۹۵	
فشارخون سیستولی (میلی متر جیوه)	مکمل	۱۲۲/۰±۳/۱۳	۱۲۲/۴۵±۲/۹۷	۰/۲۴۲	۰/۳۶	۰/۲۴۲	تعامل زمان در گروه
	تمرین و مکمل	۱۲۲/۰±۴/۰۴	۱۲۲/۰±۱/۸۵	۱/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰	گروه سطح معنی داری
	تمرین + دارونما	۱۲۲/۱۶±۳/۶۳	۱۲۱/۳۳±۱/۸۲	۰/۲۸۸	-۰/۶۸	۰/۲۸۸	سطح معنی داری
	دارونما	۱۱۹/۰۹±۸/۰۵	۱۱۹/۱۸±۶/۶۵	۰/۸۷۱	۰/۰۷	۰/۸۷۱	
فشارخون دیاستولی (میلی متر جیوه)	مکمل	۸۰/۳۶±۲/۷۴	۸۰/۰۹±۲/۸۴	۰/۶۱۴	-۰/۳۳	۰/۶۱۴	تعامل زمان در گروه
	تمرین و مکمل	۷۹/۷۵±۲/۷۶	۸۱/۳۳±۱/۷۷	۰/۰۵۹	۱/۹۴	۰/۰۵۹	گروه سطح معنی داری
	تمرین + دارونما	۸۰/۲۵±۳/۶۷	۸۱/۸۳±۲/۵۱	۰/۰۴۵	۱/۹۳	۰/۰۴۵	سطح معنی داری
	دارونما	۸۰/۳۶±۴/۲۰	۸۰/۰۹±۴/۰۱	۰/۶۰۲	-۰/۳۳	۰/۶۰۲	

* سطح معنی داری پذیرفته شده $P < 0.05$

جدول ۵. مقایسه تغییرات واریانس درون گروهی و بین گروهی شاخص‌های آمادگی جسمانی زنان مبتلا به کم‌کاری تیروئید

متغیرها	گروه‌ها	پیش‌آزمون (میانگین و انحراف استاندارد)	پس‌آزمون (میانگین و انحراف استاندارد)	تغییرات		
				درون‌گروهی	نتایج آزمون اندازه‌های تکراری	تغییرات
				سطح معنی‌داری	درصد تغییرات	زمان سطح معنی‌داری
استقامت عضلانی (تعداد)	مکمل	۱۸/۶۳±۳/۱۷	۱۸/۵۴±۳/۲۳	۰/۸۶۳	-۰/۳۷	
	تمرین و مکمل	۱۹/۴۱±۴/۳۷	۲۲/۰۰±۴/۱۱	۰/۰۰۱	۱۳/۳۴	
	تمرین+دارونما	۱۶/۸۳±۴/۵۶	۲۰/۴۱±۴/۷۵	۰/۰۰۱	۱۷/۵۴	۰/۰۰۱
قدرت دست (کیلوگرم)	مکمل	۲۷/۶۳±۶/۲۸	۲۱/۱۸±۲/۹۲	۰/۰۰۳	-۳۰/۴۵	
	تمرین و مکمل	۲۵/۵۰±۴/۷۰	۲۶/۷۵±۳/۵۷	۰/۱۹۵	۴/۶۷	۰/۱۳۸
	تمرین+دارونما	۲۷/۳۳±۵/۵۳	۲۹/۰۰±۴/۶۵	۰/۰۰۱	۵/۷۵	۰/۱۴۵
استقامت قلبی تنفسی (میلی لیتر/کیلوگرم بر دقیقه)	مکمل	۲۸/۱۸±۵/۸۷	۲۸/۶۳±۴/۴۳	۰/۵۸۸	۱/۵۷	
	تمرین و مکمل	۲۴/۵۶±۱/۹۶	۲۴/۳۳±۲/۲۶	۰/۲۹۶	-۱/۳۱	۰/۲۳۳
	تمرین+دارونما	۲۴/۱۶±۲/۹۸	۲۴/۳۰±۲/۴۵	۰/۷۶۸	۰/۵۷	۰/۵۴۲
	دارونما	۲۳/۹۸±۱/۹۱	۲۳/۷۴±۲/۳۷	۰/۰۹۴	-۵/۳۶	۰/۰۳۷
			۲۳/۳۱±۱/۵۰	۰/۰۹۷	-۲/۸۷	

 †: سطح معنی‌داری پذیرفته شده $P < 0.05$

آزمودنی‌ها و شدت تمرین است.

بحث

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد هشت هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط همراه با مصرف مکمل سلنیوم میزان وزن بدن، نمایه توده بدن و درصد چربی بدن در هر سه گروه مکمل سلنیوم، تمرین همراه با مکمل و تمرین به تنهایی کاهش معنی‌دار یافت. براساس نتایج به‌دست‌آمده، اجرای تمرینات بدنی موجب بهبود ترکیب بدن همچون وزن بدن، نمایه توده بدنی و درصد چربی بدن می‌شود [۳۳]. در این زمینه، سعیدی و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند ۱۲ هفته تمرینات اینتروال، دایره‌ای و تمرین تداومی با شدت متوسط به کاهش معنی‌دار وزن بدن، نمایه توده بدنی و درصد چربی بدن منجر می‌شود [۳۳]. درواقع، ترکیب بدن به‌طور قابل‌توجهی با فعالیت‌های بدنی قابل‌تغییر است. فعالیت‌های درازمدت ورزشی سبب افزایش توده بدون چربی و کاهش توده چربی می‌شود. مقدار تغییرات مذکور متناسب با نوع ورزشی که انجام می‌شود، متفاوت است. برنامه تمرین تناوبی در صورتی که با رژیم غذایی متعادل ترکیب شود، توده بدون چربی را افزایش می‌دهد [۳۴]. دلایل فیزیولوژیکی برای کاهش ترکیب بدن از طریق ورزش عبارت‌اند از افزایش متابولیسم، رشد عضلات و افزایش اکسیداسیون چربی که از تجزیه اسیدهای چرب برای تولید انرژی استفاده می‌شود. ورزش همچنین به سوزاندن کالری و کاهش توده چربی کمک می‌کند و به کاهش ترکیب کلی بدن منجر می‌شود [۳۵]. در فرایند اکسیداسیون چربی آنزیم‌هایی همچون آسیل‌کواسنتاز (تیوکیناز) اسید چرب را به آسیل‌چرب‌کوآ در سیتوزول تبدیل می‌کنند. در این واکنش، آدنوزین‌تری‌فسفات به آدنوزین‌مونوفسفات و PPI تبدیل می‌شود [۳۶]. اما نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر با یافته‌های فکوربان و همکاران (۲۰۱۲) همخوانی ندارد [۳۷] و تفاوت آن با تحقیق حاضر، ناشی از تفاوت در تعداد جلسات تمرین، جنسیت

نتایج پژوهش حاضر نشان داد هشت هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط همراه با مصرف مکمل سلنیوم میزان غلظت مالون‌دی‌آلدئید و گلووتاتیون‌پراکسیداز بزاقی را در هر سه گروه مکمل سلنیوم، تمرین همراه با مکمل و تمرین همراه با دارونما به ترتیب کاهش و افزایش معنی‌داری داد. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر با برخی از مطالعات که به افزایش سطوح گلووتاتیون‌پراکسیداز و کاهش مالون‌دی‌آلدئید اشاره دارند، همخوانی دارد [۳۸، ۳۹]. در صورتی که برخی از مطالعات به عدم‌تغییر معنی‌دار شاخص‌های استرس اکسیداتیو اشاره دارند [۴۰]. نتایج متضاد احتمالاً می‌تواند ناشی از اختلاف در شرایط فیزیولوژیکی افراد شرکت‌کننده، سلامتی، مدت، نوع و شدت تمرین و وضعیت تغذیه‌ای باشد. مکانیسم‌های آنزیمی وجود دارند که در دفاع آنتی‌اکسیدانی سیستم داخلی بدن نقش دارند، سوپر اکسید دیسموتازها (SOD1، SOD2، SOD3) آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی هستند که O_2^- را خنثی می‌کنند [۴۱]. آنزیم کلیدی که مسئول خنثی کردن پراکسید هیدروژن است، کاتالاز (CAT) است که آن را به آب و اکسیژن تبدیل می‌کند [۴۲]. به‌همین ترتیب، گلووتاتیون‌پراکسیداز (GPx) H_2O_2 را از بین می‌برد و سم‌زدایی می‌کند [۴۳]. گلووتاتیون به‌عنوان یک بافر درون‌سلولی در برابر اکسیداسیون عمل می‌کند. در پاسخ به انتشار بیش‌ازحد ROS، با پل زدن دو مولکول گلووتاتیون، یک ساختار دایمر اکسیدشده را تشکیل می‌دهد. گلووتاتیون‌ردوکتاز (GR) سپس فرم کاهش‌یافته گلووتاتیون را بازیابی می‌کند و واکنش‌پذیری آن را کاهش می‌دهد [۴۴]. همچنین یکی دیگر از شاخص‌های استرس اکسیداتیو که می‌تواند بر کم‌کاری تیروئید نقش داشته باشد، MDA است. غلظت MDA در بیماران دارای کم‌کاری تیروئید نسبت به افراد سالم دارای سطوح بالاتری است. این عامل می‌تواند ناشی از تغییر متابولیسم لیپید

شده است [۵۴]. در این زمینه، بسیاری از مکانیسم‌های شرکت‌کننده در ایجاد آسیب‌شناسی تیروئید هنوز ناشناخته هستند. نتایج پژوهش حاضر نشان داد در بین گروه‌های مختلف، تغییرات تعامل زمان در گروه در متغیر استقامت عضلانی و قدرت دست به لحاظ آماری معنی‌دار است. نتایج نشان‌دهنده این موضوع است که فعالیت بدنی بر استرس اکسیداتیو در بدن تأثیر مثبت و منفی دارد که این به عوامل مختلفی مانند شدت و مدت‌زمان فعالیت وابسته است. استرس اکسیداتیو به‌عنوان عدم تعادل بین اکسیدان‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها به نفع اکسیدان‌ها تعریف می‌شود که به اختلال در سیگنال‌دهی ردوکس و آسیب مولکولی منجر می‌گردد [۵۵]. شرکت کردن در فعالیت بدنی متوسط تا شدید باعث بهبود تناسب اندام قلبی‌تنفسی می‌شود؛ همچنین سیستم اسکلتی‌عضلانی را تقویت و ترکیب بدنی مناسب را حفظ می‌کند. علاوه‌براین، به نظر می‌رسد تمرین منظم فعالیت بدنی پراکسیداسیون لیپیدی را کاهش می‌دهد و سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی را تقویت می‌کند. درنتیجه به حفظ هموستاز ردوکس کمک می‌کند [۵۵]. با توجه به اینکه این مطالعه با محدودیت‌های زیادی از جمله رژیم غذایی متنوع، پاسخ‌های سازگاری گوناگون به فعالیت بدنی، تعداد کم آزمودنی‌ها به دلیل انصراف بعضی از آن‌ها از شرکت در پژوهش حاضر و تفاوت‌های فردی روبه‌رو بود و نیز در این پژوهش فقط سطوح مالون‌دی‌آلدئید و گلوکاتاتیون پراکسیداز ارزیابی شد و شاخص‌های استرس اکسیداتیو دیگری مانند TAC و SOD اندازه‌گیری نشدند، جانب احتیاط را بیشتر باید رعایت کرد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج مطالعه حاضر نشان داد که انجام تمرینات تناوبی همراه با مکمل سلنیوم از طریق کاهش استرس اکسیداتیو، ترکیب بدن و شاخص‌های عملکردی می‌تواند تأثیر مطلوبی بر بیماران مبتلا به کم‌کاری تیروئید داشته باشد. باین‌حال، با توجه به اهمیت نقش تمرینات تناوبی همراه با مکمل سلنیوم در پیشگیری و درمان بیماران مبتلا به کم‌کاری تیروئید، متخصصان می‌توانند برای درمان بیماری کم‌کاری تیروئید، مشاوره تمرینی و استفاده از مکمل‌های دارویی را پیشنهاد کنند.

سپاسگزاری

مقاله حاضر مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد در دانشگاه حکیم‌سبزواری با کد اخلاق ۰۱۶. ۱۴۰۲ IR.HSU.REC است. بدین‌وسیله، از زحمات بی‌دریغ آزمودنی‌های شرکت‌کننده که در انجام این پژوهش ما را یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌کنیم.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

در سلول‌های تیروئیدی باشد [۴۵]. رابطه بین کم‌کاری تیروئید و استرس اکسیداتیو احتمالاً براساس فعالیت کمتر سیستم آنتی‌اکسیدانی داخلی است که محافظت کافی برای سلول‌ها در برابر تجمع رادیکال‌های آزاد ایجاد نمی‌کند و به آسیب اکسیداتیو منجر می‌شود [۴۶]. به‌طور مشابه، جهش در ژن کدکننده فعالیت اکسیدازهای NADPH (NADPH Oxidases-NOX) ممکن است به تحریک بیش‌ازحد تولید ROS کمک کند. تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن ممکن است فعالیت تیروئید پراکسیداز (Thyroid peroxidase-TPO) را مهار کند و درنتیجه با تولید هورمون تیروئید تداخل داشته باشد و به ایجاد کم‌کاری تیروئید منجر شود [۴۷]. تمرینات ورزشی به‌واسطه تأثیرگذاری بر بیان ژن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی عامل افزایش میزان گلوکاتاتیون پراکسیداز می‌شود. به نظر می‌رسد گلوکاتاتیون پراکسیداز در بین آنزیم‌های اکسایشی دیگر دارای تغییرات پایداری است و نسبت به تمرینات طولانی سبب تغییرات افزایشی می‌شود [۴۸]. ازسوی دیگر، استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های حاوی سلنیوم ممکن است وضعیت استرس اکسیداتیو بدن را کاهش دهد و می‌تواند ظرفیت ایمنی و آنتی‌اکسیدانی بدن را تقویت کند [۴۹]. تیان و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای اثرات مکمل سلنیوم دز ۲۰۰ میلی‌گرم در روز را روی ۴۰ بیمار یوتیروئید مبتلا به تیروئیدیت خود ایمنی (Autoimmune thyroiditis-AIT) بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که در بیماران نسبت به افراد سالم سطح MDA بالاتر و فعالیت SOD و TAC کمتر بود. پس از ۳ ماه مصرف سلنیوم، سطح MDA کاهش و TAC و SOD افزایش یافت. علاوه‌براین، یک هم‌بستگی منفی بین TAC و TgAb/TPOAb و یک هم‌بستگی مثبت بین MDA و TgAb/TPOAb در بیماران AIT وجود داشت [۵۰]. غده تیروئید یکی از اندام‌هایی است که دارای بالاترین غلظت سلنیوم است و سلنیوم مانند ید برای عملکرد طبیعی تیروئید و هموستاز هورمون تیروئید ضروری است. برعکس، کمبود سلنیوم با اختلال در فعالیت دی‌ویدینازها، سنتز تری‌ی‌دوتیرونین را کاهش می‌دهد [۵۱]. آنتی‌اکسیدان‌ها، حتی در غلظت‌های پایین، به‌طور مؤثری می‌توانند از فرایند اکسیداسیون در اجزای اکسیدکننده (مانند DNA، پروتئین‌ها و لیپیدها) جلوگیری کنند یا آن را به تأخیر بیندازند [۵۰]. نتیجه یک مطالعه نشان داد که مکمل‌های سلنیوم می‌توانند استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش بدنی را کاهش دهند [۵۲]. همچنین، افزایش معنی‌داری در گلوکاتاتیون و کاهش قابل‌توجهی در سطح MDA به‌دنبال مصرف مکمل‌های سلنیوم مشاهده شد [۵۳]. سلنیوم به‌عنوان یک ماده معدنی ضروری و یک کوفاکتور ضروری برای GPx، سلنوپروتئین P و تیوردوکسین ردوکتاز که در از بین بردن رادیکال‌های آزاد و حفظ تعادل ردوکس نقش دارند، به‌خوبی شناخته

References

- Biondi B, Cooper DS. Thyroid hormone therapy for hypothyroidism. *Endocrine*, 2019; 66(1): 18-26. [DOI: 10.1007/s12020-019-02023-7] [PMID: 31372822]
- Hueston WJ. Treatment of hypothyroidism. *Am Fam Physician*, 2001;64(10):1717-25. [PMID: 11759078]
- Saran S, Gupta BS, Philip R, Singh KS, Bende SA, Agroiya P, et al.

- Effect of hypothyroidism on female reproductive hormones. *Indian J Endocrinol Metab*, 2016;20(1):108-13. [DOI: 10.4103/2230-8210.172245] [PMID: 26904478]
4. Sahay RK, Nagesh VS. Hypothyroidism in pregnancy. *Indian J Endocrinol Metab*, 2012;16(3):364-70. [DOI: 10.4103/2230-8210.95667] [PMID: 22629500]
5. Dunn D, Turner C. Hypothyroidism in women. *Nurs Womens Health*, 2016;20(1):93-8. [DOI: 10.1016/j.nwh.2015.12.002] [PMID: 26902444]
6. Resch U, Helsel G, Tatzber F, Sinzinger H. Antioxidant status in thyroid dysfunction. *Clin Chem Lab Med*, 2002;40(11):1132-4. [DOI: 10.1515/CCLM.2002.198] [PMID: 12521231]
7. Nanda N, Bobby Z, Hamide A. Oxidative stress and protein glycation in primary hypothyroidism. Male/female difference. *Clin Exp Med*, 2008;8:101-8. [DOI: 10.1007/s10238-008-0164-0] [PMID: 18618220]
8. Komosinska-Vashev K, Olczyk K, Kucharz EJ, Marcisz C, Winsz-Szczotka K, Kotulska A. Free radical activity and antioxidant defense mechanisms in patients with hyperthyroidism due to Graves' disease during therapy. *Clin Chim Acta*, 2000;300(1-2):107-17. [DOI: 10.1016/S0009-8981(00)00306-5] [PMID: 10958867]
9. Marrocco I, Altieri F, Peluso I. Measurement and clinical significance of biomarkers of oxidative stress in humans. *Oxid Med Cell Longev*, 2017;2017. [DOI: 10.1155/2017/6501046] [PMID: 28698768]
10. Sies H, Jones DP. Reactive oxygen species (ROS) as pleiotropic physiological signalling agents. *Nat Rev Mol Cell Biol*, 2020; 21(7):363-83. [DOI: 10.1038/s41580-020-0230-3] [PMID: 32231263]
11. Khademi H, Khozeimeh F, Tavangar A, Amini S, Ghalayani P. The Serum and salivary level of malondialdehyde, vitamins A, E, and C in patient with recurrent aphthous stomatitis. *Adv Biomed Res*, 2014;3. [DOI: 10.4103/2277-9175.146366] [PMID: 25590024]
12. Abdolsamadi H, Rafeian N, Goodarzi MT, Feradmal J, Davoodi P, Jazayeri M, et al. Levels of salivary antioxidant vitamins and lipid peroxidation in patients with oral lichen planus and healthy individuals. *Chonnam Med J*, 2014;50(2):58-62. [DOI: 10.4068/cmj.2014.50.2.58] [PMID: 25229017]
13. Atamna H, Boyle K. Amyloid- β peptide binds with heme to form a peroxidase: Relationship to the cytopathologies of Alzheimer's disease. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2006;103(9):3381-6. [DOI: 10.1073/pnas.0600134103] [PMID: 16492752]
14. Sies H, Berndt C, Jones DP. Oxidative stress. *Annu Rev Biochem*, 2017;86:715-48. [DOI: 10.1146/annurev-biochem-061516-045037] [PMID: 28441057]
15. Di Marzo N, Chisci E, Giovannoni R. The role of hydrogen peroxide in redox-dependent signaling: homeostatic and pathological responses in mammalian cells. *Cells*, 2018; 7(10):156. [DOI: 10.3390/cells7100156] [PMID: 30287799]
16. Mahdavi A, Naeini AA, Najafi M, Maracy M, Ghazvini MA. Effect of levetiracetam drug on antioxidant and liver enzymes in epileptic patients: Case-control study. *Afr Health Sci*, 2020; 20(2):984-90. [DOI: 10.4314/ahs.v20i2.55] [PMID: 33163067]
17. Jakubczyk K, Kalduniska J, Dec K, Kawczuga D, Janda K. Antioxidant properties of small-molecule non-enzymatic compounds. *Pol Merkuri Lekarski*, 2020;48(284):128-32. [PMID: 32352947]
18. Kowalska K, Brodowski J, Pokorska-Niewiada K, Szczuko M. The change in the content of nutrients in diets eliminating products of animal origin in comparison to a regular diet from the area of middle-eastern Europe. *Nutrients*, 2020;12(10):2986. [DOI: 10.3390/nu12102986] [PMID: 33003529]
19. Pirola I, Gandossi E, Agosti B, Delbarba A, Cappelli C. Selenium supplementation could restore euthyroidism in subclinical hypothyroid patients with autoimmune thyroiditis. *Endokrynol Pol*, 2016;67(6):567-71. [DOI: 10.5603/EP.2016.0064] [PMID: 28042649]
20. Negro R, Greco G, Mangieri T, Pezzarossa A, Dazzi D, Hassan H. The influence of selenium supplementation on postpartum thyroid status in pregnant women with thyroid peroxidase autoantibodies. *J Clin Endocrinol Metab*, 2007;92(4):1263-8. [DOI: 10.1210/jc.2006-1821] [PMID: 17284630]
21. Irwin ML, Mayer-Davis EJ, Addy CL, Pate RR, Durstine JL, Stolarczyk LM, Ainsworth BE. Moderate-intensity physical activity and fasting insulin levels in women: the Cross-Cultural Activity Participation Study. *Diabetes Care*, 2000;23(4):449-54. [DOI: 10.2337/diacare.23.4.449] [PMID: 10857933]
22. Farney TM, McCarthy CG, Canale RE, Schilling BK, Whitehead PN, Bloomer RJ. Absence of blood oxidative stress in trained men after strenuous exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 2012;44(10): 1855-63. [DOI: 10.1249/MSS.0b013e3182592575] [PMID: 22525774]
23. Ji LL. Antioxidants and oxidative stress in exercise. *Proc Soc Exp Biol Med*, 1999;222(3):283-92. [DOI: 10.1046/j.1525-1373.1999.d01-145.x] [PMID: 10601887]
24. Ji LL, Gomez-Cabrera MC, Vina J. Exercise and hormesis: activation of cellular antioxidant signaling pathway. *Ann N Y Acad Sci*, 2006;1067(1):425-35. [DOI: 10.1196/annals.1354.061] [PMID: 16804022]
25. Bagheri NA, Sharifi GR, Mirzaei A. Comparison of oxidative stress index and plasma antioxidant capacity among female handball athletes and non athlete females. *YUMSJ*, 2012;17(4):349-58. [Link]
26. Aghajani V, Nazari M, Shabani R. Impact of aerobic and resistance training supplemented with the consumption of saffron on glutathione peroxidase and malondialdehyde in men with type 2 diabetes. *J Gorgan Univ Med Sci*, 2019;21(3):24-33. [Link]
27. Forotan K, Mogharnasi M, Afzalpour ME. The effect of Six weeks of High intensity interval training with fenugreek supplementation on plasma levels of malondialdehyde and glutathione peroxidase in overweight and obese women. *JAHSSP*, 2022;9(2):213-26. [DOI: 10.22049/jahssp.2022.27673.1444]
28. Onori M, Galedari M. Effects of 12 weeks aerobic exercise on plasma level of TSH and thyroid hormones in sedentary women. *Euro J Sports Exerc Sci*, 2015;4(1):45-9. [Link]
29. Bansal A, Kaushik A, Singh C, 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. *Arch Med & Health Sci*, 2015;3(2):244. [DOI: 10.4103/2321-4848.171913]
30. Thompson PD, Arena R, Riebe D, Pescatello LS. ACSM's new preparticipation health screening recommendations from ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. *Curr Sports Med Rep*, 2013;12(4):215-7. [DOI: 10.1249/JSR.0b013e31829a68cf] [PMID: 23851406]
31. Rees K, Hartley L, Day C, Flowers N, Clarke A, Stranges S. Selenium supplementation for the primary prevention of cardiovascular disease. *Cochrane Database Syst Rev*, 2013(1). [DOI: 10.1002/14651858.CD009671.pub2] [PMID: 23440843]
32. Alimoradi S, Valipour Dehno 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. *CMJA*, 2019;9(1): 3583-97. [Link]
33. Saeidi A, Shishvan SR, Soltani M, Tarazi F, Doyle-Baker PK, Shahrbanian S, et al. Differential effects of exercise programs on neuregulin 4, body composition and cardiometabolic risk factors in men with obesity. *Front Physiol*, 2022;12:797574. [DOI: 10.3389/fphys.2021.797574] [PMID: 35197860]
34. Ouerghi N, Fradj MKB, Bezrati I, Khammassi M, Feki M, Kaabachi N, et al. Effects of high-intensity interval training on body composition, aerobic and anaerobic performance and plasma lipids in overweight/obese and normal-weight young men. *Biol Sport*, 2017;34(4):385-92. [DOI: 10.5114/biolSport.2017.69827] [PMID: 29472742]
35. Muscella A, Stefano E, Lunetti P, Capobianco L, Marsigliante S. The regulation of fat metabolism during aerobic exercise.

- Biomolecules, 2020;10(12): 1699. [DOI: 10.3390/biom10121699] [PMID: 33371437]
36. Talley JT, Mohiuddin SS. Biochemistry, fatty acid oxidation. StatPearls. 2020;1(1):1-10. [PMID: 32310462]
 37. Fakourian A, Azarbaijani M, Peeri M. Effect a period of selective military training on physical fitness, body mass index, mental health and mood in officer students. J Army Univ Med Sci, 2012;10(1):17-27. [Link]
 38. 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 Exerc Med, 2019;5(1):e000524. [DOI: 10.1136/bmjsem-2019-000524] [PMID: 31423321]
 39. El Gayar SL. Effect of aerobic training on depression and thyroid function in treated hypothyroid women. J Physiother Res, 2023;13:e5254-e. [DOI:10.17267/2238-2704rpf.2023.e5254]
 40. Rahimi E, Zadeh YM, Boostani MA. The effect of resistance training on thyroid hormones. Eur J Exp Biol, 2013;3(2):443-7. [Link]
 41. Eleutherio ECA, Magalhães RSS, de Araújo Brasil A, Neto JRM, de Holanda Paranhos L. SOD1, more than just an antioxidant. Arch Biochem Biophys, 2021;697:108701. [DOI: 10.1016/j.abb.2020.108701] [PMID: 33259795]
 42. Tehrani HS, Moosavi-Movahedi AA. Catalase and its mysteries. Prog Biophys Mol Biol, 2018;140:5-12. [DOI: 10.1016/j.pbio.2018.03.001] [PMID: 29530789]
 43. Irazabal MV, Torres VE. Reactive oxygen species and redox signaling in chronic kidney disease. Cells, 2020;9(6):1342. [DOI: 10.3390/cells9061342] [PMID: 32481548]
 44. Couto N, Wood J, Barber J. The role of glutathione reductase and related enzymes on cellular redox homeostasis network. Free Radic Biol Med, 2016;95:27-42. [DOI:10.1016/j.freeadbiomed.2016.02.028]
 45. Torun AN, Kulaksizoglu S, Kulaksizoglu M, Pamuk BO, Isbilen E, Tutuncu NB. Serum total antioxidant status and lipid peroxidation marker malondialdehyde levels in overt and subclinical hypothyroidism. Clin Endocrinol (Oxf), 2009;70(3):469-74. [DOI: 10.1111/j.1365-2265.2008.03348.x] [PMID: 18727709]
 46. Mancini A, Di Segni C, Raimondo S, Olivieri G, Silvestrini A, Meucci E, et al. Thyroid hormones, oxidative stress, and inflammation. Mediators Inflamm, 2016;2016. [DOI: 10.1155/2016/6757154] [PMID: 27051079]
 47. Fortunato RS, Ferreira AC, Hecht F, Dupuy C, Carvalho DP. Sexual dimorphism and thyroid dysfunction: a matter of oxidative stress? J Endocrinol, 2014;221(2):R31-R40. [DOI: 10.1530/JOE-13-0588] [PMID: 24578296]
 48. Kayatekin B, Gönenç S, Açıkgöz O, Uysal N, Dayi A. Effects of sprint exercise on oxidative stress in skeletal muscle and liver. Eur J Appl Physiol, 2002;87:141-4. [DOI: 10.1007/s00421-002-0607-3] [PMID: 12070624]
 49. Tinggi U. Selenium: its role as antioxidant in human health. Environ Health Prev Med, 2008;13(2):102-8. [DOI: 10.1007/s12199-007-0019-4] [PMID: 19568888]
 50. Tian X, Li N, Su R, Dai C, Zhang R. Selenium supplementation may decrease thyroid peroxidase antibody titer via reducing oxidative stress in euthyroid patients with autoimmune thyroiditis. Int J Endocrinol, 2020;2020. [DOI: 10.1155/2020/9210572] [PMID: 32676110]
 51. Leo M, Bartalena L, Rotondo Dottore G, Piantanida E, Premoli P, Ionni I, et al. Effects of selenium on short-term control of hyperthyroidism due to Graves' disease treated with methimazole: results of a randomized clinical trial. J Endocrinol Invest, 2017;40:281-7. [DOI: 10.1007/s40618-016-0559-9] [PMID: 27734319]
 52. Dolati AV, Saedmocheshi S. Muscle injury and oxidative stress following the use of selenium supplements and exhaustive aerobic exercise in young physically-active females. J Kermanshah Univ Med Sci, 2016;20(1):e69743. [DOI: 10.22110/jkums.v20i1.2659]
 53. Asemi Z, Jamilian M, Mesdaghinia E, Esmailzadeh A. Effects of selenium supplementation on glucose homeostasis, inflammation, and oxidative stress in gestational diabetes: Randomized, double-blind, placebo-controlled trial. Nutrition, 2015;31(10):1235-42. [DOI: 10.1016/j.nut.2015.04.014] [PMID: 32043072]
 54. Guo C-H, Hsia S, Chen P-C. Distribution of selenium and oxidative stress in breast tumor-bearing mice. Nutrients, 2013;5(2):594-607. [DOI: 10.3390/nu5020594] [PMID: 23429470]
 55. Llorente-Cantarero FJ, Aguilar-Gómez FJ, Leis R, Bueno G, Rupérez AI, Anguita-Ruiz A, et al. Relationship between physical activity, oxidative stress, and total plasma antioxidant capacity in spanish children from the genobox study. Antioxidants (Basel), 2021;10(2). [DOI: 10.3390/antiox10020320] [PMID: 33672676]