Effect of Eight Weeks of Aerobic Training combined with Lemon Supplement Consumption on Thyroid Indices in Women with Hypothyroidism

Kharazian R [1], ***Rezaeinasab H*** [2*]

1.Master of Exercise Physiology (Sports Nutrition), Islamic Azad University Central Tehran Branch, Tehran, Iran
2. Assistant Professor of Sports Physiology, Azad University of Tehran Science and Research Branch, Tehran, Iran, hamed.rezaei2020@gmail.com

Received: *2024/5/12* Accepted: *2025/3/15*

Abstract

Background: Hypothyroidism is among the most common endocrine diseases, and its prevalence is twice as high in women as in men. Therefore, the present study aimed to investigate the effect of eight weeks of aerobic training combined with lemon supplementation on thyroid indices of women with hypothyroidism.

Materials and Methods: The current study is a quasi-experimental research, and its population included women with hypothyroidism aged 20 to 40 years. Individuals were assigned to four groups: control (n=10), lemon supplement (n=10), aerobic training (n=10), and aerobic training + lemon supplement (n=10), using a randomized block design. The training protocol consists of eight weeks (three sessions each week) of aerobic training for 30 to 60 min with an intensity of 55-85% of the maximum heart rate. Thyroid stimulating hormone (TSH), T4, and T3 levels were evaluated in all four groups. For statistical analysis, paired t-test, one-way analysis of variance and Benferroni's post hoc test were used.

Results: The research results revealed that eight weeks of aerobic training combined with lemon consumption led to an increase in thyroid hormones T3 and T4 and a decrease in TSH serum levels ($P \leq 0.05$).

Conclusion: Based on the current findings, it can be concluded that aerobic exercises combined with lemon supplementation could improve thyroid hormone levels, which may help control weight while reducing basal metabolism and heat generation in patients with hypothyroidism.

Keywords: Aerobic training, Hypothyroidism, Lemon, Women.

Citation: Kharazian R , Rezaeinasab H. Effect of Eight Weeks of Aerobic Training combined with Lemon Supplement Consumption on Thyroid Indices in Women with Hypothyroidism. Yafte. 2025; 27(2):31-44.

∗**Correspondence Address: Tehran, Islamic Azad University Central Tehran Branch, Department of Exercise Physiology, Postal Code: 1955847781**
Email: hamed.rezaei2020@gmail.com

تأثیر هشت هفته تمرین ایروبیک به همراه مصرف مکمل لیموترش بر شاخص‌های تیروئیدی زنان مبتلا به کم‌کاری تیروئید

رکسانا خرازیان[1]، حامد رضایی نسب[2]*

۱- کارشناسی‌ارشد، گروه فیزیولوژی ورزش، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استادیار، گروه فیزیولوژی ورزش، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

یافته / دوره ۲۷ / شماره ۲ / تابستان ۱۴۰۴ / مسلسل ۱۰۴

چکیده

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۱۳ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۲۵

مقدمه: کم‌کاری تیروئید یکی از شایع‌ترین بیماری‌های غدد درون‌ریز است و شیوع آن در زنان دوبرابر بیشتر از مردان است. هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر هشت هفته تمرین ایروبیک به همراه مصرف مکمل لیموترش بر شاخص‌های تیروئیدی زنان مبتلا به کم‌کاری تیروئید بود.

مواد و روش‌ها: پـژوهش حاضر از نوع مطالعات نیمه‌تجربی است. جامعهٔ مورد مطالعه زنان مبتلا به بیماری کم‌کاری تیروئید با دامنهٔ سنی ۲۰ تا ۴۰ سال بود. افراد به روش بلوک تصادفی به چهار گروه کنترل (۱۰ نفر)، مکمل لیموترش (۱۰ نفر)، تمرین ایروبیک (۱۰ نفر) و تمرین ایروبیک + مکمل لیموترش (۱۰ نفر) تخصیص داده شدند. پروتکل تمرین شامل هشت هفته (هر هفته سه جلسه) تمرین ایروبیک به مدت ۶۰-۳۰ دقیقه با شدت ۸۵-۵۵ درصد حداکثر ضربان قلب بود. قبل و بعد از دوره تمرینی، سطوح سرمی TSH، T4 و T3 در هر چهار گروه، مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل آماری، از آزمون t زوجی، آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه و آزمون تعقیبی بنفرونی در سطح معناداری $P\leq ۰/۰۵$ استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج تحقیق نشان داد؛ هشت هفته تمرین ایروبیک به همراه مصرف لیموترش، منجر به افزایش هورمون‌های تیروئیدی T3 و T4 و کاهش سطوح سرمی TSH شد ($P \leq ۰/۰۵$).

بحث و نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج حاضر، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که احتمالاً تمرینات ایروبیک به همراه لیموترش می‌تواند منجر به بهبود سطوح هورمون‌های تیروئیدی شود که این روند می‌تواند به کنترل وزن همراه با کاهش متابولیسم پایه و گرمازایی در بیماران مبتلا به کم‌کاری تیروئید کمک کند.

واژه‌های کلیدی: لیموترش، تمرین ایروبیک، کم‌کاری تیروئید، زنان.

***آدرس مکاتبه:** تهران، دانشگاه آزاد اسلامی تهران مرکزی. گروه فیزیولوژی ورزش، کد پستی: ۱۹۵۵۸۴۷۷۸۱

پست الکترونیک: hamed.rezaei2020@gmail.com

مقدمه

هیپوتیروئیدیسم (Hypothyroidism) تحت بالینی یا کم کاری خفیف غده تیروئید یکی از شایع-ترین بیماری‌های غدد درون‌ریز است و شیوع آن در زنان، دو برابر بیشتر از مردان است و با افزایش سن نیز افزایش می‌یابد (۱). این بیماری زمانی مطرح است که هورمون تیروکسین (Thyroxine) در حد طبیعی اما هورمون محرک تیروئید TSH (Hormone Stimulating-Thyroid) بالاتر از حد طبیعی ولی کمتر از ۱۰ میلی واحد بر لیتر باشد که در این حالت معمولاً یا علایمی وجود ندارد یا بسیار خفیف است (۱،۲). در بعضی مطالعات دیده شده که بالا رفتن اندک TSH با تغییر در میزان چربی‌ها باعث افزایش خطر بیماری‌های قلبی عروقی می‌شود (۳،۴). سطوح افزایش یافته‌ای از تری گلیسرید و علایمی از یک التهاب خفیف می‌تواند نشانه‌ی خطر برای توسعه بیماری‌های قلبی عروقی به دنبال افزایش TSH باشد (۴). نقش غده تیروئید در تنظیم متابولیسم، رشد، عملکرد بافت‌ها و حالات روانی است (۵). این غده دو هورمون اصلی تری‌یدوتیرونین (T3) و تترایدوتیرونین (T4) را ترشح می‌کند. هردوی این هورمون‌ها باعث افزایش سرعت متابولیک شده و از نظر عملکردی بسیار مهم هستند. هورمون TSH که بوسیله سلول‌های هیپوفیز قدامی ترشح می‌شود در کنترل عملکرد تیروئید نقش محوری داشته و مفیدترین نشانگر فیزیولوژیک فعالیت هورمون تیروئید است. عامل اصلی تعیین نقطه تنظیم در محور تیروئید هورمون TSH است. ترشح این هورمون به‌وسیله هورمون هیپوتالاموسی TRH(– Thyrotropin releasing hormone) تنظیم می‌شود (۶). بیماران مبتلا به کم‌کاری تیروئید، با TSH بالا و T4 پایین تشخیص داده می‌شود. برای تشخیص دقیق‌تر، سطح TSH خون اندازه‌گیری می‌شود. در کم‌کاری تیروئیدی اولیه، هیپوفیز در پاسخ به کاهش سطح هورمون‌های تیروئید، مقدار بالایی از TSH را ترشح می‌کند. درمان معمولاً با مصرف قرص لووتیروکسین سدیم انجام می‌شود (۷). از طرفی تحقیقات موجود در زمینهٔ پاسخ هورمون‌های تیروئیدی به فعالیت ورزشی، بسیار محدود است (۸). در مطالعه‌ای نشان داده شده است که پس از اتمام یک فعالیت فزاینده، مقادیر T3 نسبت به قبل از آزمون حدوداً ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. علی‌رغم این مطلب، پس از یک دوره استراحت ۳ دقیقه‌ای مجدداً مقادیر T3 نسبت به حالت قبل از فعالیت فزاینده، یعنی سطح استراحتی افزایش می‌یابد (۸). محققین نتیجه گرفتند که این تغییرات اندک، دارای اهمیت بالینی یا فیزیولوژیک نیستند (۹). در برخی از بررسی‌ها، غلظت T4 آزاد خون پس از تمرین، ۳۵ درصد افزایش نشان داد؛ درحالی‌که تیروکسین تام پلاسما به دلیل افزایش میزان تجزیه آن، هنگام فعالیت ورزشی کاهش یافت (۱۰). التایی و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای نشان دادند که پس از ۱۶ هفته مداخله، تغییر معناداری در غلظت پلاسمایی تیروئید (T3 و T4) و هورمون‌های محرک تیروئید در گروه تحت درمان با ورزش هوازی مشاهده شد (۱۱). آکبلوت و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای نشان دادند؛ هر دو تمرین هوازی و ترکیبی (مقاومتی – استقامتی) بر پارامترهای بیوشیمیایی (هورمون‌های تیروئید، آنزیم‌های کبدی، اسیداوریک و گلوکز) تأثیر دارند. با توجه به این مطالعه، می‌توان گفت که تمرینات ترکیبی، ممکن است از تمرینات هوازی، در بهبود هورمون‌های تیروئید مؤثرتر باشند (۱۲). از طرف دیگر، امروزه گرایش به مکمل‌های گیاهی، مورد توجه پزشکان، ورزشکاران و فیزیولوژیست‌های ورزشی قرار گرفته است. لیموترش

(citrus limon)، میوه‌ی رسیده‌ی گیاه سیتروس لیمونن است و منبع غنی از ویتامین C بوده که یکی از مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های شناخته شده است (۱۳). این گیاه، دارای اثرات درمانی بسیاری از جمله فعالیت ضد میکروبی (ضد انگلی، ضد باکتری، ضدویروسی، ضد قارچی و ...) است. مطالعات مختلف نشان داده است که لیموترش، دارای مقدار زیادی فعالیت آنتی‌اکسیدانی از طریق ترکیبات شیمیایی خود از جمله: مقادیر بالای فلاونوئیدها، رزماریک اسید، اسید گالیک و محتویات فنولیک است (۱۴). بسیاری از مطالعات، اثرات آنتی‌اکسیدانی لیموترش را تأیید کردند. بنابراین، تأثیر آن در پیشگیری و درمان بیماری‌های مرتبط با استرس اکسیداتیو ممکن است قابل‌اعتماد باشد. این احتمال وجود دارد که لیموترش، با کاهش استرس اکسیداتیو، مهار پراکسیداسیون لیپیدی، جلوگیری از کاهش GSH و افزایش دفاع آنتی‌اکسیدانی، باعث بهبود ظرفیت اتصال ید در بافت تیروئید شود و این مکانیسم بتواند در کم‌کاری تیروئید، مؤثر باشد (۱۴). بنابراین تحقیق حاضر، با هدف بررسی تأثیر تمرینات منتخب ایروبیک به همراه مصرف مکمل لیموترش بر شاخص‌های تیروئیدی زنان مبتلا به کم‌کاری تیروئید انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمودنی‌ها

پژوهش حاضر از نوع مطالعات نیمه‌تجربی بود. جامعهٔ مورد مطالعه زنان مبتلا به بیماری کم‌کاری تیروئید با دامنهٔ سنی ۲۰ تا ۴۰ سال بودند. پس از کسب رضایت آگاهانه از افراد و تأیید پزشک مبنی بر ابتلا به بیماری کم‌کاری تیروئید برای شرکت در مطالعه، از بین آزمودنی‌های مراجعه‌کننده که واجد شرایط تحقیق بودند، افراد به روش بلوک تصادفی (بلوک‌های ۴تایی) و با استفاده از جدول اعداد تصادفی به چهار گروه (کنترل (۱۰ نفر)، مکمل لیموترش (۱۰ نفر)، تمرین ایروبیک (۱۰ نفر) و تمرین ایروبیک + مکمل لیموترش (۱۰ نفر) تخصیص داده شدند. حجم نمونه بر اساس جدول B12 برگرفته از کتاب مرجع Kutner و همکاران (۱۵) و با در نظر گرفتن $\Delta/\delta = ۱/۷۵$، $\alpha=۰/۰۵$، $r=۴$ و توان آزمون برابر ۸۰ درصد، حدود ۹ نفر در هر گروه برآورد شد که با در نظر گرفتن احتمال ریزش، حجم نمونه در هر گروه ۱۰ نفر و در مجموع ۴۰ نفر تعیین شد.

طرح مطالعه

پیش از شروع مطالعه، در جلسه‌ای با حضور همه‌ی افراد شرکت‌کننده و پزشک، اهداف و روش اجرای پژوهش، تشریح و به همه‌ی افراد، دعوت‌نامه‌ای دربردارنده اطلاعاتی در زمینه‌ی هدف و چگونگی اجرای پژوهش، فرم رضایت‌نامه و شرکت داوطلبانه و پرسش‌نامه سلامت و خطر بیماری داده شد. پیش از شروع مداخله هشت هفته‌ای، اطلاعات مربوط به سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی (BMI) ثبت شد. برای سنجش ترکیب بدن، از دستگاه BODY COMPOSITION ساخت ژاپن، مدل Omron –BF 511 و برای اندازه‌گیری قد، از قدسنج Seca ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۱ سانتیمتر استفاده شد. در ادامه اطلاعات دموگرافیک شامل (نام و نام خانوادگی، سن، سابقه بیماری، نوع داروهای مصرفی، سابقه ابتلا به بیماری کم‌کاری تیروئید) ثبت شد. نمونه‌گیری خون اولیه از هر دو گروه انجام و برای تحلیل به آزمایشگاه فرستاده شد. معمولاً در این آزمایش‌ها بخش «آزاد» یا فعال T3 و T4 اندازه‌گیری می‌شود یعنی T4 و T3 آزمایشگاه‌ها برای مقایسه نتیجه آزمایش خون بیمار با نتایج افراد سالم، از بازه‌های مرجع استفاده می‌کنند (۷). بازه‌های مرجع برای بزرگسالان سالم، عموماً عبارتند از:

آزمایش	از	تا	واحد
TSH	۰/۴	۴	mU/L(میلی‌واحد در هر لیتر)
T4	۰/۲۵	۰/۹	pmol/L(پیکومول در هر لیتر)
T3	۸/۷	۵/۳	pmol/L (پیکومول در هر لیتر)

آزمودنی‌های گروه کنترل در طول تحقیق هیچ‌گونه تمرین و فعالیت بدنی منظم نداشتند و با رعایت درمان دارویی خود، صرفاً در پیش‌آزمون و پس‌آزمون شرکت کردند. درمان دارویی در کلیه‌ی نمونه‌ها، مشابه بود و یک رژیم غذایی متعادل در هر چهار گروه استفاده شد و افراد گروه تجربی نیز در دوره تمرینی، زیر نظر پزشک از درمان دارویی استفاده کردند. نوع دارو و مقدار مصرف دارو در هر دو گروه یکسان بود. برای آزمودنی‌ها، منع مصرف در چند ماده غذایی شامل (خانواده کلم، سویا، بادام‌زمینی) به دلیل تداخل با داروی لووتیروکسین وجود داشت. ۲۴ ساعت پس از پایان ۸ هفته تمرین، مجدداً نمونه‌گیری و انجام تست‌های آزمایشگاهی T4،T3 و TSH در یک آزمایشگاه واحد انجام شد.

مکمل‌دهی

در این مطالعه برای دوره‌ی مکمل‌دهی از مکمل لیموترش (کپسول ۷۵ میلی‌گرم شرکت باریج اسانس کاشان) مورد تأیید وزارت بهداشت استفاده شد. به عبارتی، هر یک از آزمودنی‌های گروه مکمل، نیم ساعت بعد از تمرین ایروبیک، مکمل لیموترش دریافت کردند. همچنین در گروه کنترل، دارونما به شکل بسته‌های دکستروز نیز به طور مشابه تهیه و در اختیار آزمودنی‌های گروه کنترل قرار داده شد. البته، هیچ‌یک از آزمودنی‌ها و محققین تا اتمام دوره مکمل‌دهی از محتوی بسته‌های لیموترش و دارونما آگاهی نداشتند (۱۵).

پروتکل تمرین ایروبیک

برنامهٔ تمرینی گروه ایروبیک به مدت هشت هفته، با شدت ۵۵٪ حداکثر ضربان قلب و مدت ۳۰ دقیقه شروع و با شدت ۸۵٪ حداکثر ضربان قلب و مدت ۶۰ دقیقه پایان گرفت که نحوه‌ی اندازه‌گیری ضربان قلب آزمودنی، به‌وسیله ضربان سنج مچی پلار در خلال تمرین انجام گرفت. به‌منظور رعایت اصل اضافه‌بار حرکات با تکرار ۴ ضرب در هفته شروع و با تکرار ۳۲ ضرب به پایان رسید.

شدت تمرین با استفاده از ضربان سنج - پولار کنترل شد و برای محاسبه حداکثر ضربان قلب آزمودنی‌ها معادله کارونن (ضربان قلب هدف = [ضربان قلب بیشینه – ضربان قلب استراحت) ×شدت تمرین] + ضربان قلب استراحت) به کار گرفته شد. در هر جلسه فعالیت، شدت تمرینی افزایش یافت تا به ضربان قلب هدف برسد، سپس در سرعت دویدن معینی تعداد ادامه داشت. به‌منظور کنترل شدت تمرینات، ضربان قلب سه بار در هر جلسه و به ترتیب قبل و بعد از تمرینات ایروبیک و یک‌بار در زمان سردکردن با استفاده از ضربان سنج پلار اندازه‌گیری شد. در انجام تمرینات اصل تنوع نیز رعایت شد (۱۶).

هفته	ضربان قلب بیشینه	گرم‌کردن ۵-۱۰ دقیقه	تمرین اصلی زمان/دقیقه	سردکردن ۳-۵ دقیقه
اول و دوم	٪۶۰-۵۵	۱۰-۵	۴۰-۳۰	۵-۳
سوم و چهارم	٪۶۵-۶۰	۱۰-۵	۵۰-۴۰	۵-۳
پنجم و ششم	٪۷۵-۶۵	۱۰-۵	۵۵-۵۰	۵-۳
هفتم و هشتم	٪۸۵-۷۵	۱۰-۵	۶۰-۵۵	۵-۳

نمونه‌گیری خونی و آنالیز آن

نمونه خون از سیاهرگ بازویی قبل و پس از هشت هفته تمرین، در لوله‌های حاوی EDTA (Ethylene Diamine tetra acetic Acid) (3 ml) ریخته شد و بلافاصله بعد از اتمام خون‌گیری، برای جداسازی پلاسما، نمونه‌ها با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ و نمونه‌ها در ۸۰ - درجه سانتی گراد تا زمان اندازه گیری پارامترها ذخیره

شدند. اندازه‌گیری هورمون تیروئید در آزمایشگاه به وسیله دستگاه الایزا و با استفاده از کیت Auto Bio ساخت کشور چین انجام گرفت.

روش‌های آماری

در بخش آمار توصیفی، از شاخص پراکندگی انحراف معیار، میانگین و نمودار استفاده شد. در بخش آمار استنباطی جهت تعیین نرمال بودن داده‌ها، از آزمون شاپیرویلک و برای همگنی واریانس‌ها، از آزمون لوون استفاده شد. برای مقایسه متغیرها، از پیش تا پس‌آزمون از آزمون t زوجی استفاده شد. همچنین از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) برای مقایسه میانگین پاسخ بین گروه‌ها، به همراه آزمون تعقیبی بنفرونی استفاده شد. تمام تحلیل‌های آماری در سطح معناداری P≤۰/۰۵ و محاسبات آماری با استفاده از SPSS-25 انجام گرفت.

یافته ها

مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها در گروه‌های مختلف در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار متغیرهای دموگرافیک آزمودنی‌ها در گروه های مختلف

متغیرها	گروه کنترل انحراف‌معیار±میانگین	گروه ترکیبی انحراف‌معیار±میانگین	گروه لیموترش انحراف‌معیار±میانگین	گروه تمرین ایروبیک انحراف‌معیار±میانگین	P-مقدار
تعداد	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	
سن (سال)	۳۵/۶۰±۷/۲	۳۵/۸±۵/۴	۳۴/۴±۶/۱	۳۶/۱۵±۶/۷	۰/۶۲۰
قد (سانتیمتر)	۱۳۶/۹±۵/۲	۱۶۶/۴±۷/۱	۱۶۱/۶±۶/۷	۱۶۴/۷±۴/۹	۰/۲۳۸
وزن (کیلوگرم)	۸۲/۱±۶/۲	۷۶/۲±۴/۵	۸۰/۱±۶/۹	۷۶/۷±۴/۱	۰/۳۲۰
BMI (کیلوگرم بر متر مربع)	۳۰/۹±۳/۸	۲۷/۷±۴/۳	۳۰/۸±۵/۸	۲۸/۶±۶/۷	۰/۲۸۰

نتایج آزمون شاپیرویلک جهت تعیین نرمال بودن داده‌ها نشان داد که تمام متغیرهای تحقیق دارای توزیع نرمال بودند (P>۰/۰۵). همچنین نتایج آزمون لون جهت برابری واریانس‌ها نشان داد که واریانس متغیرهای تحقیق تفاوت معنادار نداشتند (P>۰/۰۵)؛ بنابراین از آزمون‌های پارامتریک در این تحقیق استفاده گردید. شاخص‌های توصیفی میانگین و انحراف معیار متغیرهای T4 (میکروگرم بر دسی‌لیتر)، T3 (نانوگرم بر دسی‌لیتر) و TSH (میکرو واحد بر میلی‌لیتر) مربوط به زنان مبتلا به کم‌کاری تیروئید، در جدول ۲ آورده شده است.

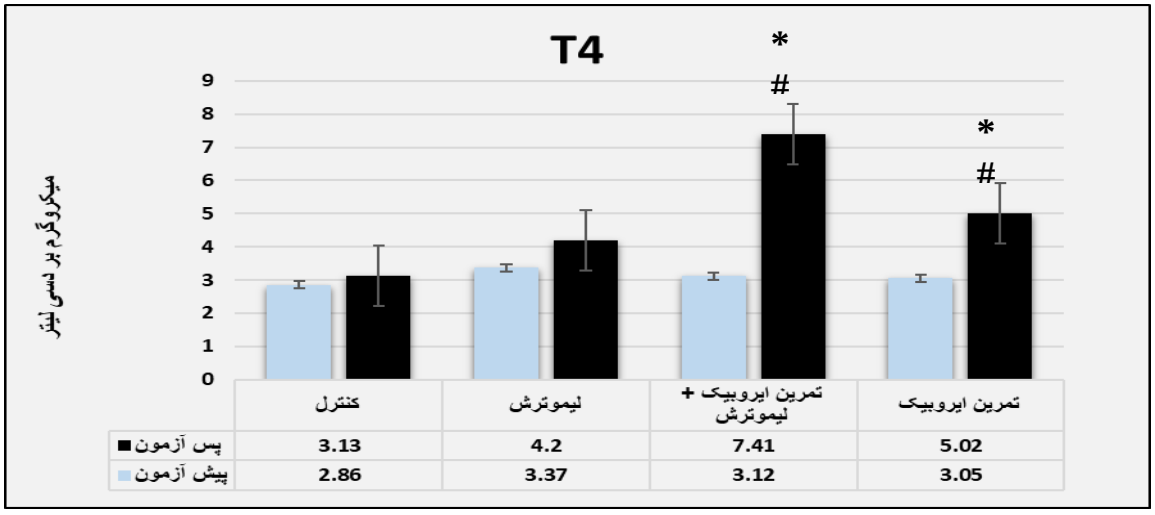
جدول ۲. مقایسه تغییرات میانگین متغیرهای اصلی تحقیق بین گروه های مورد مطالعه

متغیر	مرحله	گروه تمرین ایروبیک انحراف-معیار±میانگین	گروه لیمو ترش انحراف-معیار±میانگین	گروه ترکیبی انحراف-معیار±میانگین	گروه کنترل انحراف-معیار±میانگین	F مقدار	P-مقدار
T4 (میکروگرم بر دسی‌لیتر)	پیش‌آزمون	۱/۰۲ ± ۳/۰۵	۱/۱۲ ± ۳/۳۷	۱/۵۶ ± ۳/۱۲	۰/۴۵ ± ۲/۸۶	۰/۳۵۰	۰/۶۸۱
	پس‌آزمون	**۱/۱۵± ۵/۰۲	۱/۳۸ ± ۴/۲۰	**۲/۲۵ ± ۷/۴۱	۱/۱۳ ± ۳/۱۳	۱۵/۲۸	۰/۰۰۱[1]
T3 (نانوگرم بر دسی‌لیتر)	پیش‌آزمون	۸/۰۹ ± ۸۱/ ۲۳	۸/۵۰ ± ۷۷/ ۳۹	۷/۴۲ ۷۹/ ۷۱ ±	۹/۶۹ ± ۸۲/ ۱۵	۲/۲۶۱	۰/۱۰
	پس‌آزمون	**۱۰۲/۱۵ ± ۱۱/۱۲	۸۳/ ۴۸ ± ۱۲/۰۹	**۱۱۵/۱۶ ± ۱۱/۱۲	۷۹/ ۵۹ ± ۱۰/۱۱	۱۱/۱۵	*۰/۰۰۱
TSH (میکرو واحد بر میلی‌لیتر)	پیش‌آزمون	۲/۲۲±۹/۱۲	۲/۲۰±۷/۴۸	۲/۰۷±۸/۲۱	۱/۶۰±۸/۹۲	۱/۵۴۰	۰/۲۳۱
	پس‌آزمون	**۱/۱۸±۵/۲۲	۳/۲۸±۵/۸۴	**۱/۰۸±۳/۸۸	۲/۶۳±۸/۴۸	۹/۳۷	*۰/۰۰۱

*** وجود معناداری (P <۰/۰۵) برای مقایسه بین‌گروهی متغیرها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه**

**** وجود معناداری (P <۰/۰۵) برای مقایسه متغیرها از پیش تا پس‌آزمون با استفاده از آزمون t زوجی**

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می گردد، نتایج آزمون آزمون t زوجی برای مقایسه متغیرها از پیش تا پس‌آزمون نشان داد ، گروه تمرین ایروبیک (P=۰/۰۲۴) و گروه تمرین ایروبیک + لیموترش (P=۰/۰۰۱) بعد از هشت هفته کاهش معناداری را در T4 نشان داد ولی گروه لیموترش و گروه کنترل تغییر معناداری را نشان ندادند (P>۰/۰۵). تحلیل واریانس یک‌طرفه در مرحله پس آزمون نشان داد که بین چهار گروه تفاوت معناداری در سطوح T4 زنان مبتلا به کم‌کاری تیروئید وجود داشت (P=۰/۰۰۱). با توجه به اختلاف معنادار بین گروه‌ها، از آزمون تعقیبی بنفرونی جهت بررسی جایگاه تفاوت ها استفاده گردید که نتایج این آزمون نشان داد، در مرحله پس آزمون، بین گروه‌های تمرین ایروبیک + لیموترش با تمرین ایروبیک (P=۰/۰۳۳) و گروه تمرین ایروبیک + لیموترش با گروه لیموترش (P=۰/۰۲۸)، تمرین ایروبیک + لیموترش با کنترل (P= ۰/۰۰۱) و همچنین گروه تمرین ایروبیک با گروه کنترل (P= ۰/۰۱۸) تفاوت معناداری وجود داشت. (نمودار ۱)

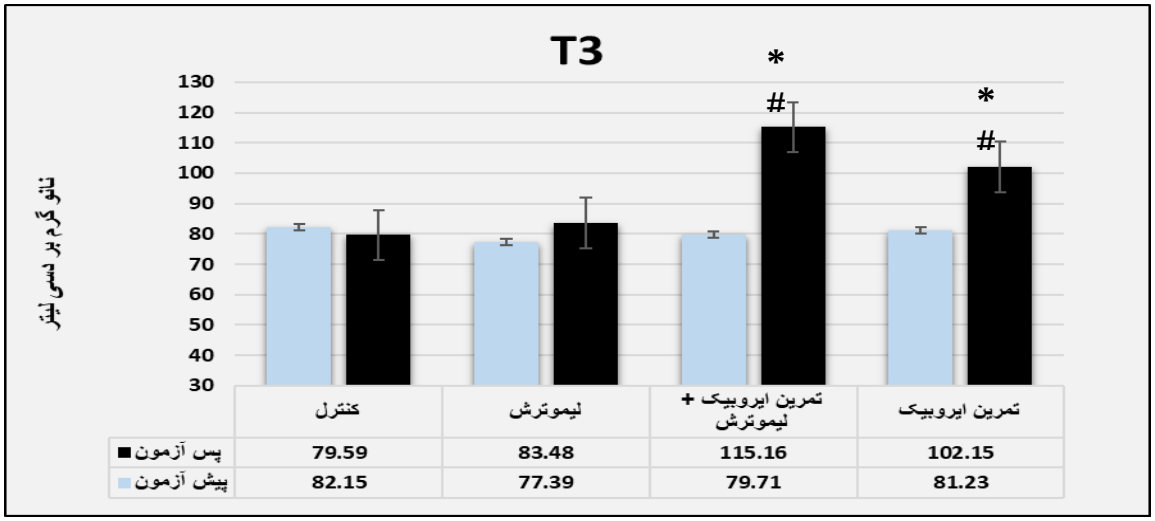


نمودار ۱. مقایسه تغییرات میانگین سطوح T4 بین گروه های مورد مطالعه (میله خطا نشان دهنده انحراف معیار است)

*** اختلاف معنادار با پیش‌آزمون**

 # اختلاف معنادار با گروه کنترل

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می گردد، نتایج آزمون T زوجی برای مقایسه متغیرها از پیش تا پس‌آزمون نشان داد ، گروه تمرین ایروبیک (P=۰/۰۱۹) و گروه تمرین ایروبیک + لیموترش (P=۰/۰۰۱) بعد از هشت هفته، کاهش معناداری را در T3 نشان داد ولی گروه لیموترش و گروه کنترل، تغییر معناداری را نشان ندادند. تحلیل واریانس یکراهه در مرحله پس آزمون، نشان داد که بین چهار گروه، تفاوت معناداری در سطوح T3 زنان مبتلا به کم‌کاری تیروئید وجود داشت (P=۰/۰۰۱). با توجه به اختلاف معنادار بین گروه‌ها، از آزمون تعقیبی بنفرونی جهت بررسی جایگاه تفاوت ها استفاده گردید که نتایج این آزمون نشان داد؛ در مرحله‌ی پس آزمون، بین گروه‌های تمرین ایروبیک + لیموترش با تمرین ایروبیک (P= ۰/۰۳۱)، گروه تمرین ایروبیک + لیموترش با گروه لیموترش (P= ۰/۰۰۱)، گروه تمرین ایروبیک + لیموترش با گروه کنترل (P= ۰/۰۰۱) و همچنین گروه تمرین ایروبیک با گروه لیموترش (P= ۰/۰۱۹) و همچنین گروه تمرین ایروبیک با گروه کنترل (P= ۰/۰۱۶) تفاوت معناداری وجود داشت. (نمودار ۲)



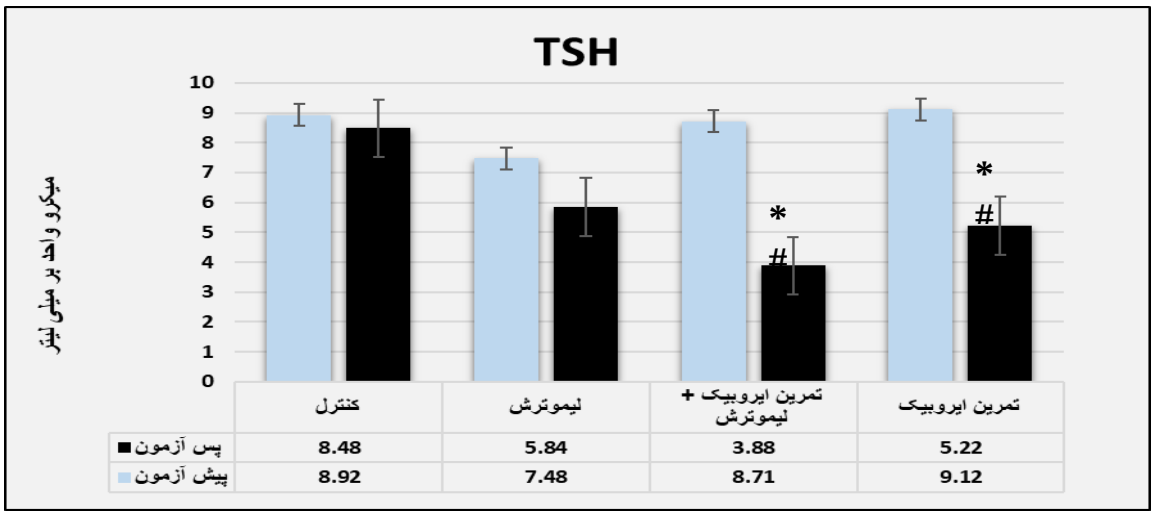
نمودار ۲. مقایسه تغییرات میانگین سطوح T3 بین گروه های مورد مطالعه (میله خطا نشان دهنده انحراف معیار است)

*** اختلاف معنادار با پیش‌آزمون**

 # اختلاف معنادار با گروه کنترل

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می گردد، نتایج آزمون T زوجی برای مقایسه متغیرها از پیش تا پس‌آزمون نشان داد ، گروه تمرین ایروبیک (P=۰/۰۲۳) و گروه تمرین ایروبیک + لیموترش (P=۰/۰۰۱) بعد از هشت هفته، کاهش معناداری را در TSH نشان داد ولی گروه لیموترش و گروه کنترل، تغییر معناداری را نشان ندادند. تحلیل واریانس یکراهه، در مرحله پس آزمون نشان داد که بین چهار گروه، تفاوت معناداری در سطوح TSH زنان مبتلا به کم‌کاری تیروئید وجود داشت (P=۰/۰۰۱).

با توجه به اختلاف معنادار بین گروه‌ها، از آزمون تعقیبی بنفرونی جهت بررسی جایگاه تفاوت ها استفاده گردید که نتایج این آزمون نشان داد، در مرحله پس آزمون، بین گروه‌های تمرین ایروبیک + لیموترش با لیموترش (۰/۰۳۳ =P) و گروه تمرین ایروبیک + لیموترش با گروه کنترل (P= ۰/۰۰۱) و همچنین گروه تمرین ایروبیک با گروه لیموترش (P= ۰/۰۲۱) گروه تمرین ایروبیک با گروه کنترل (P= ۰/۰۳۴) تفاوت معناداری وجود داشت. (نمودار ۳)



نمودار ۳. مقایسه تغییرات میانگین سطوح TSH بین گروه های مورد مطالعه (میله خطا نشان دهنده انحراف معیار است)

*** اختلاف معنادار با پیش‌آزمون**

 # اختلاف معنادار با گروه کنترل

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه‌ی حاضر با هدف بررسی تأثیر هشت هفته تمرین ایروبیک به همراه مصرف مکمل لیموترش بر شاخص‌های تیروئیدی زنان مبتلا به کم‌کاری تیروئید انجام گرفت. در مطالعه‌ی حاضر، نشان داده شد: هشت هفته تمرین ایروبیک به همراه مصرف لیموترش، منجر به افزایش هورمون‌های تیروئیدی T3 و T4 و کاهش سطوح سرمیTSH شد. نتایج مطالعه حاضر با نتایج حاصله از تحقیق ساتیلیمیس و همکاران (۲۰۲۰)، لرستانی و همکاران (۲۰۲۰)، سالینا و همکاران (۲۰۲۳)، لیو و همکاران (۲۰۱۷)، نیلاکانتان و همکاران (۲۰۱۶)، لمانا و همکاران (۲۰۱۶)، بانسال (۲۰۱۵) و فاتحی و نسترن (۱۳۹۴) همخوان است (۲۴-۱۷).

ساتیلیمیس و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیقی به بررسی تأثیر ورزش هوازی بر سطوح تری یدوتیرونین (T3) و تترایدوتیرونین (T4) در پسران چاق پرداختند. در این مطالعه مشخص شد که گروه کنترل و پسران چاق، پس از تمرین هوازی به طور معناداری سطوح T3 و T4 بالاتر و سطح CK پایین‌تری نشان دادند (۲۴). همچنین شاترجی و موندال در سال ۲۰۱۷ در تحقیقی با عنوان تأثیر ترکیب تمرینات یوگا، بر سطوح خونی هورمون‌های تیروئیدی نشان دادند؛ دوازده هفته آموزش یوگا، باعث افزایش معنادار در سطح سرمی TSH در مردان، نسبت به داده‌های پایه آنها شد (۵۵). همچنین لمانا و همکاران (۲۰۱۶)، در تحقیقی به بررسی تأثیر تمرینات هوازی بر تغییرات هورمون‌های تیروئیدی، به این نتیجه دست یافتند که ۱۲ روز (۳۰ دقیقه/روز) فعالیت بر روی تردمیل، باعث افزایش سطوح TSH موش‌های نر جوان می‌شود (۲۱). در مقایسه‌ی نتایج تحقیق حاضر با تحقیق فاتحی و نسترن (۲۰۱۴)، که بر روی موش‌های ماده به بررسی تأثیر هشت هفته تمرین هوازی بر هورمون‌های تیروئیدی پرداختند، مشاهده شد، پس از تمرینات هوازی با شدت‌های کم تا متوسط، مقادیر T3 و TSH افزایش معناداری نشان می‌دهند. آنها در نهایت گزارش کردند برنامه‌ی تمرینی هوازی با شدت و مدت متفاوت، باعث افزایش سطوح سرمی هورمون‌های تیروئیدی موش‌های ماده می‌شود (۲۵). از طرف دیگر راگونی و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی به بررسی اثر تجویز خوراکی دم‌نوش لیمو بر اختلالات تیروئیدی در موش‌های مبتلا به کم‌کاری تیروئید پس از ایسکمیک قلب پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که نوشیدن دم‌نوش لیمو، از عوامل خطرزای ناشی از ایسکمیک قلبی در موش‌های تیروئیدی پیشگیری می‌کند، اما اختلال عملکرد پس از ایسکمیک را در موش‌های هیپوتیروئید (کم‌کاری تیروئید) به دلیل فعال‌سازی منافذ انتقال نفوذپذیری میتوکندری و اضافه‌بار کلسیم را افزایش داد. در مقابل، نوشیدن دم‌نوش لیمو اختلال عملکرد را در قلب موش‌های یوتیروئید و هیپوتیروئید افزایش داد و چنین اختلال عملکرد مکانیکی با اضافه‌بار کلسیم همراه نبود. این نتایج مبنای فارماکولوژیک احتیاط بالینی استفاده از این گیاهان دارویی در بیماران مبتلا به بیماری عروق کرونر و کم‌کاری تیروئید را فراهم می‌کند (۱۷). همچنین عابد عزیز (۲۰۱۸) در تحقیقی به ارزیابی بهبود بالقوه عصاره اتانولی لیموترش در برابر کم‌کاری تیروئید ناشی از پروپیل تیوراسیل پرداخت. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که القای کم‌کاری تیروئید باعث کاهش هورمون‌های تیروئیدی شد که این کار بر بافت‌های کبد و کلیه تأثیر منفی می‌گذارد و وضعیت اکسیداتیو آن‌ها را بدتر می‌کند. درمان با عصاره لیموترش در بهبود عملکرد تیروئید تا سطح نرمال بدون هیچ‌گونه اثرات نامطلوب بر فیزیولوژی بدن اتفاق افتاد زیرا حاوی بسیاری از ترکیبات فیتوشیمیایی ایمن بود. در نتیجه، این تحقیق نشان داد عصاره لیموترش دارای اثر ضد کم‌کاری تیروئید و خواص آنتی‌اکسیدانی است (۱۵).

همچنین از تحقیقات ناهمخوان با تحقیق حاضر می‌توان به تحقیق آکگول و همکاران (۲۰۲۱)، فتحی زاده و علی مرادی (۱۳۹۹) شاترجی و موندال (۲۰۱۷)، بانسال (۲۰۱۵)، شیروانی و سبحانی (۱۳۹۵)، برهمن و همکاران (۲۰۲۱) و رحیمی‌و همکاران (۲۰۱۳) اشاره کرد (۱۸, ۲۲, ۲۳, ۲۶-۲۹).

آکگول و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی به بررسی اثر تمرین هوازی حداکثر حاد منجر به خستگی بر سطح تیروئید خون در مردان و زنان پرداختند. تغییرات معناداری در مقادیر TSH در همه گروه‌ها مشاهده شد. آنها پس از تمرین در مقایسه با مقادیر قبل از تمرین افزایش یافتند. علاوه بر این، T3 کل در همه گروه کاهش یافت. تفاوت معناداری در متغیرهای T3 آزاد و T4 آزاد مشاهده نشد (۲۹). پاسخ‌های تیروئید به ورزش به روشی بسیار پیچیده ظاهر می‌شوند، که رسیدن به نتیجه‌گیری واضح در مورد اثرات آن را دشوار می‌کند. دلیل متناقض بودن نتایج این است که مدت و شدت ورزش، سن، کنترل نکردن رژیم غذایی و زمان جمع آوری نمونه خون بعد از ورزش است. فتحی زاده و علی مرادی (۱۳۹۹) در تحقیق به بررسی تأثیر ۵ ماه تمرین ایروبیک با و بدون درمان با لووتیروکسین بر غلظت سرمی‌کورتیزول، گلوکز، انسولین و مقاومت به انسولین زنان مبتلا به کم‌کاری تیروئید تحت بالینی، پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که بین سه گروه، تفاوت معناداری در سطوح گلوکز، انسولین، مقاومت به انسولین و کورتیزول وجود ندارد (۲۸). از دلایل ناهمخوانی این تحقیق با تحقیق حاضر می‌توان به سن آزمودنی‌ها، دوز مصرفی لووتروکسین و همچنین شدت تمرین ورزشی اشاره نمود. شیروانی و سبحانی (۱۳۹۵) در تحقیقی با عنوان تأثیر یک دوره تمرین هوازی منتخب بر پاسخ هورمون‌های تیروئیدی و کورتیزول زنان به فعالیت ورزشی وامانده ساز به این نتیجه رسیدند که ۸ هفته تمرین هوازی فزاینده و منظم تأثیر معناداری بر سطوح هورمون‌های تیروئیدی T4 و T3 ندارد (۲۷). ایشان در نهایت گزارش کردند عدم تغییرات معنادار در هورمون‌های تیروئیدی گروه ورزشکار می‌تواند ناشی از سازگاری‌های هورمونی با برنامه‌های تمرینی قبلی و آمادگی آنها برشمرد و ممکن است ارتباطی بین تغییرات قابل ملاحظه وزن و حداکثر اکسیژن مصرفی زنان غیرورزشکار با عدم تغییر معنادار هورمون‌های T3 و T4 وجود داشته باشد (۲۷). عنصری و گله‌داری (۲۰۱۵)، در تحقیقی به منظور بررسی تأثیر تمرین هوازی بر سطوح هورمون‌های تیروئیدی زنان چاق غیر فعال گزارش کردند، ورزش هوازی به تنهایی بر سطح پلاسمای TSH و هورمون‌های تیروئید T3 و T4 تأثیری ندارد (۲۶). از دلایل ناهمخوانی تحقیقات گذشته با تحقیق حاضر می‌توان به به تفاوت در مقادیر پایه ترشح هورمون‌های تیروئیدی و همچنین تفاوت در نوع آزمودنی‌ها و همچنین شیوه تمرین اشاره کرد. در مجموع به نظر می‌رسد که عدم تغییرات معنادار در هورمون‌های تیروئیدی گروه ورزشکار (۲۷) می‌تواند ناشی از سازگاری‌های هورمونی با برنامه‌های تمرینی قبلی و آمادگی آنها باشد و ممکن است ارتباطی بین تغییرات قابل ملاحظه وزن و حداکثر اکسیژن مصرفی زنان غیرورزشکار با عدم تغییر معنادار هورمون‌های T3 و T4 وجود داشته باشد که البته اثبات آن، نیاز به تحقیقات بیشتری در آینده دارد (۲۷). به طور کلی گزارش شده است، فعالیت بدنی به همراه مداخله‌های گیاهی حاوی ویتامین C بر محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-تیرویید اثر می‌گذارد و موجب افزایش هورمون‌های تیروئید می‌شود (۱۷،۲۸). هرگاه هورمون‌های تیرویید در بدن زیاد شود تحت تأثیر یک بازخورد منفی روی هیپوفیز اثر می‌گذارد و ترشح TSH را کاهش می‌دهد (۱۷،۲۸). متابولسم محیطی هورمون‌های تیرویید می‌تواند به طور قابل توجهی توسط تعدادی عوامل فیزیولوژیکی و شرایط پاتولوژیک تغییر کند که می‌تواند دیونیزاسیون را تغییر داده و منجر به تغییر

سطوح هورمون‌عـای تیروییـد در گـردش بشـود. از طـرف دیگـر همچنـین گـزارش شـده اسـت کـه هورمون‌هـای تیروئیـدی در اکسیداسـیون اسـیدهای چـرب و تنظـیم حـرارت بـدن نقـش دارنـد (۳۰). هورمـون آزادکننـده تیروتروپین (TRH) از هیپوتالاموس ترشـح و بـا تحریـک هیپوفیز قدامی باعث رهایش TSH می‌شـود (۳۱). وقتـی فعالیـت ورزشـی در قالـب فعالیـت هـوازی در شـدت‌های متوسط انجام می‌شود، یک واکنش هیپـوفیز - تیروئیـدی بوجود می‌آید که با افزایش تغییـر و تبـدیل (turnover) هورمون‌های تیروئیدی به درستی هماهنگ می‌شـود (۳۲). هنگامی که تغییر و تبدیل تیروکسـین و عمـل هورمـونی مرتبط افزایش می‌یابد این امر به پرکـاری تیروئیـد منجـر می‌شود (۳۳،۳۴). با در نظر گرفتن ایـن یافتـه‌ها، می‌تـوان نتیجه‌گیری کرد که تمرینات هوازی بـه همـراه لیمـوترش می‌تواند به بهبود کاهش سطح هورمون تیروئید کمک کند که می‌تواند باعث افزایش وزن، همراه با کاهش متابولیسـم پایه و گرمازایی در بیماران مبـتلا بـه کـم کـاری تیروئیـد شود. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، هشت هفتـه تمـرین ایروبیک بـه همـراه لیمـوترش می‌توانـد تـأثیرات مفیـد و معناداری بر عملکرد هورمون‌های مرتبط با غده تیروییدد در زنان مبتلا به کم‌کاری تیروئید داشته باشـد بـا اینحـال بـا توجه به نتایج ضـد و نقـیض در مطالعـات گذشـته، لـزوم تحقیقات بیشتر در آینده دیده می‌شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسـی‌ارشـد دانشگاه آزاد واحد تهران مرکزی می‌باشد. مراتب سـپاس و قدردانی خود را از تمام افراد شرکت‌کننده در این تحقیـق اعلام می‌نماییم.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی برای انتشـار ایـن مقاله ندارند.

حمایت مالی

این تحقیق از هیچ‌گونه حمایت مالی برخوردار نبود.

مشارکت نویسندگان

رکسانا خرازیان: طراحی و مجری تمرینات، اندازه‌گیری های علمی و میدانی، نوشتن پیش‌نویس خام مقاله.

حامد رضایی نسب: راهنمایی و نظارت بـر انجـام کـار، ویـرایش و تکمیـل گـزارش نهـایی مقالـه، تجزیـه‌وتحلیل آماری.

ملاحظات اخلاقی

مرحله اجرایی تحقیـق پـس از تأییـد کمیتـه اخـلاق پژوهشـگاه تربیت‌بـدنی و علـوم ورزشـی بـا کـد IR.SSRC.REC.1402.126 و بـا توجـه بـه استانداردهای اعلامیه هلسینکی (۲۰۰۸) و اخذ رضایتنامه کتبی آگاهانه از کلیه آزمودنی‌ها صورت گرفت.

References

1. Taylor PN, Lazarus JH. Hypothyroidism in pregnancy. Endocrinol Metab Clin North Am.2019;48(3):547-56. DOI: 10.1016/j.ecl.2019.05.010
2. Biondi B, Cooper DS. Thyroid hormone therapy for hypothyroidism. Endocrine. 2019;66(1):18-26. DOI: 10.1007/s12020-019-02023-7
3. Delitala AP, Scuteri A, Maioli M, Mangatia P, Vilardi L, Erre GL. Subclinical hypothyroidism and cardiovascular risk factors. Minerva Med. 2019;110(6):530-45. DOI: 10.23736/S0026-4806.19.06292-X
4. Sue LY, Leung AM. Levothyroxine for the treatment of subclinical hypothyroidism and cardiovascular disease. Front Endocrinol. 2020;11:591588. DOI: 10.3389/fendo.2020.591588
5. Song R-h, Wang B, Yao Q-m, Li Q, Jia X, Zhang J-a. The impact of obesity on thyroid autoimmunity and dysfunction: a systematic review and meta-analysis. Front Immunol. 2019;10:2349. DOI: 10.3389/fimmu.2019.02349
6. Hughes K, Eastman C. Thyroid disease: Long-term management of hyperthyroidism and hypothyroidism. Australian Journal of General Practice. 2021;50(1/2):36-42. DOI: 10.3316/informit.760821500575613
7. Hackney AC, Lane AR. Exercise and the regulation of endocrine hormones. Progress in molecular biology and translational science. 2015;135:293-311. DOI: 10.1016/bs.pmbts.2015.07.001
8. Mirdar S, Safai-Kenari A, Rohi H, Abbasian S. Effect of sprint training on the response and adaptation of enzymes, metabolites and hormones of healthy men. Med J Mashhad Univ Med Sci. 2014;56(6):330-9. DOI: 10.22038/mjms.2014.2170
9. Nicoll JX, Hatfield DL, Melanson KJ, Nasin CS. Thyroid hormones and commonly cited symptoms of overtraining in collegiate female endurance runners. Eur J Appl Physiol. 2018;118(1):65-73. DOI: 10.1007/s00421-017-3723-9
10. Hackney AC, Lane AR. Exercise and the regulation of endocrine hormones. Prog Mol Biol Transl Sci. 2015;135:293-311. DOI: 10.1016/bs.pmbts.2015.07.001
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 Exerc Med. 2019;5(1):e000524. DOI: 10.1136/bmjsem-2019-000524
12. Akbulut T. Responses of uric acid, glucose, thyroid hormones and liver enzymes to aerobic and combined exercises in university students. Higher Educ Studies. 2020;10(1):109-14. DOI:10.5539/hes.v10n1p109
13. Mahmud S, Saleem M, Siddique S, Ahmed R, Khanum R, Perveen Z. Volatile components, antioxidant and antimicrobial activity of Citrus acida var. sour lime peel oil. J Saudi Chem Soc. 2009;13(2):195-8. DOI:10.1016/j.jscs.2009.03.001
14. Petrisor G, Motelica L, Craciun LN, Oprea OC, Ficai D, Ficai A. Melissa officinalis: Composition, pharmacological effects and derived release systems—A review.

International journal of molecular sciences. 2022;23(7):3591.
DOI: 10.3390/ijms23073591
15. Abdel-Aziz M. Study on the therapeutic potential of melissa officinalis (lemon balm) on male wistar albino rats with induced-hypothyroidism. Al-Azhar J Pharm Sci. 2018;57(1):1-17.
DOI:10.21608/ajps.2018.46618
16. Fathizadeh M, Valipour Dehnou V, Fathi M. Effect of 5 months aerobic exercise with low to moderate intensity on serum liver enzymes in subclinical hypothyroidism women. Iran J Obstetr Gynecol Infertil. 2020;23(1):69-78. DOI: 10.22038/ijogi.2020.15738
17. Lorestani AZ, Rahmati M, Mirnasuri R. Effect of 12 weeks of aerobic training on liver enzymes, thyroid hormones, and anthropometric indices of obese children. Zahedan Journal of Research in Medical Sciences. 2020;22(22).
DOI: 10.5812/zjrms.88821.
18. SALINA S, LEENA K. Effect of a Nurse Led Multi-intervention Program on Quality of Life, Subjective Well-being and Level of Thyroid Hormones among Patients with Hypothyroidism-A Quasi-experimental Double arm Study. Journal of Clinical & Diagnostic Research. 2023;17(2).DOI: 10.7860/JCDR/2023/59040.17469
19. Liu G, Liang L, Bray GA, Qi L, Hu FB, Rood J, et al. Thyroid hormones and changes in body weight and metabolic parameters in response to weight loss diets: the POUNDS LOST trial. Int J Obes (Lond). 2017;41(6):878-86.
DOI: 10.1038/ijo.2017.28
20. Nilakanthan S, Metri K, Raghuram N, Hongasandra N. Effect of 6 months intense Yoga practice on lipid profile, thyroxine medication and serum TSH level in women suffering from hypothyroidism: A pilot study. J Complement Integr Med. 2016;13(2):189-93. DOI: 10.1515/jcim-2014-0079
21. Lesmana R, Iwasaki T, Iizuka Y, Amano I, Shimokawa N, Koibuchi N. The change in thyroid hormone signaling by altered training intensity in male rat skeletal muscle. Endocr J. 2016;63(8):727-38.
DOI: 10.1507/endocrj.EJ16-0126
22. 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):244-6. DOI:10.4103/2321-4848.171913
23. 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
24. Satılmış N, Polat Y, Çimen B, Cimen L, Çetin İ. The effects of aerobic exercise on thyroid hormone levels in obese boys. Mustafa Kemal Üniversitesi Tıp Dergisi. 2020;11(40):48-54.
DOI:10.17944/mkutfd.554638
25. Wesche M, Wiersinga W. Relation between lean body mass and thyroid volume in competition rowers before and during

intensive physical training. Horm Metab Res. 2001;33(07):423-7. DOI: 10.1055/s-2001-16232

26. Berahman H, Elmieh A, Fadaei chafy MR. The effect of water-based rhythmic exercise training on glucose homeostasis and thyroid hormones in postmenopausal women with metabolic syndrome. Hormone Molecular Biology and Clinical Investigation. 2021;42(2):189-93.

DOI: 10.1515/hmbci-2020-0062

27. Ahmad AM, Serry ZH, Abd Elghaffar HA, Ghazi HA, El Gayar SL. Effects of aerobic, resistance, and combined training on thyroid function and quality of life in hypothyroidism. A randomized controlled trial. Complementary therapies in clinical practice. 2023;53:101795.

DOI: 10.1016/j.ctcp.2023.101795

28. Sefat SM, Shabani R, Nazari M. The effect of concurrent aerobic-resistance training on thyroid hormones, blood glucose hemostasis, and blood lipid indices in overweight girls with hypothyroidism. Hormone Molecular Biology and Clinical Investigation. 2019;40(3). DOI: 10.1515/hmbci-2019-0031
29. Akgül MŞ, Baydil B. Thyroid hormone responses to acute aerobic exercise. Physical Educ Students. 2021;25(6):359-63. DOI:10.15561/20755279.2021.0604
30. Heiskanen MA, Honkala SM, Hentilä J, Ojala R, Lautamäki R, Koskensalo K, et al. Systemic cross-talk between brain, gut, and peripheral tissues in glucose homeostasis: effects of exercise training (CROSSYS). Exercise training intervention in monozygotic twins discordant for body weight. BMC Sports Sci Med Rehabil. 2021;13:16. DOI: 10.1186/s13102-021-00241-z
31. Ylli D, Klubo-Gwiezdzinska J, Wartofsky L. Exercise and thyroid function. In: Hackney A, Constantini N. (eds) Endocrinology of Physical Activity and Sport. Humana, Cham; 2020:85-108. DOI:10.1007/978-3-030-33376-8_6
32. Athanasiou N, Bogdanis GC, Mastorakos G. Endocrine responses of the stress system to different types of exercise. Rev Endocr Metab Disord. 2023;24(2):251-66. DOI: 10.1007/s11154-022-09758-1
33. Miro C, Nappi A, Sagliocchi S, Di Cicco E, Murolo M, Torabinejad S, et al. Thyroid hormone regulates the lipid content of muscle fibers, thus affecting physical exercise performance. Int J Mol Sci. 2023;24(15):12074.
DOI: 10.3390/ijms241512074
34. Ahmad AM, Serry ZH, Abd Elghaffar HA, Ghazi HA, El Gayar SL. Effects of aerobic, resistance, and combined training on thyroid function and quality of life in hypothyroidism. A randomized controlled trial. Complement Ther Clin Pract. 2023;53:101795. DOI: 10.1016/j.ctcp.2023.101795