



The Effect of High-Intensity Functional Training Combined with Time-Restricted Fasting on Serum Circadian Rhythm Hormones in Obese Women with and Without Hypothyroidism

Asaad Jasim Jaber Al-Dakheel<sup>1</sup>, Kazem Khodaei<sup>\*2</sup>

Receive 2025 February 15; Accepted 2026 December 07

Abstract

Background& purpose: Obesity and thyroid disorders can disrupt hormonal and metabolic circadian rhythms, and implementing combined exercise and nutritional interventions may play an important role in restoring these rhythms. The present study aimed to investigate the effects of eight weeks of high-intensity functional training combined with time-restricted fasting on circadian rhythm-related hormones in obese women with and without hypothyroidism. Methods: Forty-eight inactive obese women were assigned to four groups: (1) high-intensity functional training combined with time-restricted fasting in obese women without thyroid disorders, (2) time-restricted fasting alone, (3) control group, and (4) high-intensity functional training combined with time-restricted fasting in obese women with hypothyroidism. The time-restricted fasting protocol followed a 16:8 schedule, and high-intensity functional training was performed three times per week for eight weeks. Serum hormone concentrations were measured in a fasting state before and after the intervention. Two-way repeated measures ANOVA with Tukey post-hoc tests was used to analyze the data. Results: The findings showed that serum leptin and cortisol levels decreased significantly in all three intervention groups—functional training plus fasting (healthy), functional training plus fasting (hypothyroid), and fasting alone—compared with the control group (p<0.05). Additionally, a significant reduction in TSH was observed only in the groups that performed high-intensity functional training in combination with fasting. In contrast, testosterone and GH levels did not show significant changes following the intervention (p<0.05). Conclusion: Based on the results, the combination of high-intensity functional training and time-restricted fasting was more effective than fasting alone and partially restored disrupted hormonal rhythms in obese women, both with normal thyroid function and with hypothyroidism. Therefore, this combined approach appears to be a promising strategy for improving metabolic status and circadian rhythm regulation in this population.

Keywords: high-intensity functional training, time-restricted fasting, obesity, circadian rhythm, hormones



Scan this QR code to see the article at journal page or visit jahssp.azaruniv.ac.ir

1. PhD student of exercise physiology, Sport sciences faculty, Urmia University, Urmia, Iran.

Associate professor of exercise physiology, Sport sciences faculty, Urmia University, Urmia, Iran \*(corresponding author) (k.khodaei@urmia.ac.ir)





Extended abstract

Background

Obesity and hypothyroidism are two common clinical conditions that frequently coexist and can exacerbate metabolic dysfunction, systemic inflammation, and disturbances in circadian hormonal rhythms. Obesity alters the secretion patterns of key hormones—including leptin, cortisol, GH, and TSH—through mechanisms such as chronic low-grade inflammation, leptin resistance, and dysregulation of the hypothalamic–pituitary–thyroid axis, all of which disrupt biological timing systems. Hypothyroidism, with its reduced basal metabolic rate and impaired thyroid-axis signaling, can further intensify these rhythm disturbances. Recently, behavioral interventions such as high-intensity functional training (HIFT) and time-restricted fasting (TRF) have gained traction due to their positive effects on body composition, insulin sensitivity, inflammation, and circadian alignment. Although the independent effects of exercise and TRF on metabolic health have been widely studied, limited research has explored their combined influence—particularly in obese women with and without thyroid dysfunction—on circadian rhythm–related hormones. Addressing this research gap, the present study aimed to investigate the effects of eight weeks of high-intensity functional training combined with 16:8 time-restricted fasting on circadian-related hormonal markers (leptin, cortisol, GH, testosterone, and TSH) in obese women with normal thyroid function and those with hypothyroidism.

Methodology

The research method of the present study was a quasi-experimental type with a pre-test-post-test design. The statistical population of this study was healthy, inactive obese women and also obese women with hypothyroidism in Urmia city. Entry into the study included regular exercise activities for six consecutive months, not using a fasting diet in the past six months, no specific disease, having a BMI above 30 m2, and in some people, hypothyroidism was diagnosed by a doctor. The number of samples was estimated to be 40 people using G\*Power software with a statistical power of 0.95, an alpha level of 0.05, and an effect size of 0.35 in this study, and due to possible dropout of subjects, 48 people who met the conditions for participating in the study were selected as subjects. Healthy obese subjects were divided into 3 groups of 12 people using a simple random group sampling method, including the first group of intense functional exercises with time-restricted nutrition, the second group of time-restricted nutrition and the third group of control, and the fourth group of 12 obese women with hypothyroidism who underwent intense functional exercises with time-restricted nutrition. Before starting the training program, subjects were familiarized with the exercises and the time-restricted diet for one week. After the pre-test, the main intervention included following the time-restricted diet for 8 weeks and performing intense functional exercises for 8 weeks (three sessions per week).

Training protocol

The intense functional training protocol was performed for 8 weeks, 3 times a week. The training program consisted of 4 groups of movements, which were performed according to Table 1. The exercises were performed with a perceived exertion scale intensity of greater than or equal to 7 (in each group, the activity was controlled by the perceived exertion index; in other words, the perceived exertion index should be equal to or greater than 7) and the heart rate was performed according to the second Ventilatory threshold using the field protocol method. The exercise heart rate was determined as follows: during a thirty-minute bicycle exercise, the subjects had to maintain a certain maximum intensity or maximum exercise heart rate for 15 to 20 minutes. After the test, the average heart rate obtained for 15 to 20 minutes was multiplied by 0.95, and the exercise heart rate was obtained with the training intensity, and the subjects performed the exercises in a range close to this heart rate.

**Time-Restricted Fasting Diet.** After completing baseline assessments, participants received instructions for the “Eating Time” intervention in which they were instructed to fast for 16 hours per day for an 8-week period. Participants were allowed to consume calorie-free beverages, unsweetened teas, black coffee, sugar-free gum, and were encouraged to drink plenty of water during the intervention period. Participants were given a written instruction sheet to inform them which beverages were allowed and which were not appropriate for consumption during the fast. They were also given a food diary and were asked to record the time of their first and last calorie intake each day. The designated eating hours were from 8 a.m. to 4 p.m., during which participants were not restricted in caloric intake except for the restriction of overeating. The study intervener contacted participants by telephone at the end of each week. The purpose of these calls was to assess adherence to the diet, monitor for adverse events, and provide support and guidance to promote adherence to the nutritional intervention. At each follow-up call, participants were asked about any changes in their health or physical functioning since the previous call, and any changes in adverse event reporting were recorded. Participants were also asked about any problems or challenges they encountered in following the study intervention.

Statistical analysis

In the present study, the Shapiro-Wilk test and the Levene test were used to examine the normality of data distribution and homogeneity of variances, respectively. To examine the effect of exercise interventions, two-way analysis of variance with repeated





Al-Dakheel and Khodaei. JAHSSP. ????????????

□3

measures (interaction effect of 2 times in 4 groups) was used, and the LSD post hoc test was used to compare pairs of groups. The significance level for all statistical methods was considered p<0.05. SPSS version 26 was used to analyze the data.

Results

Findings revealed that after eight weeks, serum leptin and cortisol levels decreased significantly in all three intervention groups—including exercise + fasting in healthy women, exercise + fasting in women with hypothyroidism, and fasting alone—compared with the control group. These reductions reflect improved inflammatory status, metabolic sensitivity, and partial restoration of circadian hormonal patterns. Additionally, TSH levels decreased only in the two groups performing the combined exercise and fasting protocol, indicating that exercise strengthens the impact of TRF on the hypothalamic–pituitary–thyroid axis. This effect was observed not only in healthy obese women but also in those with hypothyroidism. In contrast, testosterone and GH levels showed no significant changes in any group, likely due to factors such as the intervention duration, participant characteristics, or obesity-related hormonal resistance.

Conclusion

Overall, the results demonstrate that combining high-intensity functional training with time-restricted fasting produces more robust improvements in disrupted hormonal rhythms than fasting alone. This combined approach appears to be an effective strategy for regulating circadian rhythms, improving hormonal axis function, and enhancing metabolic health in obese women—with or without hypothyroidism

Article message

Obesity and hypothyroidism often coexist and disrupt metabolic health by altering key hormones such as leptin, cortisol, and TSH, leading to impaired circadian rhythm regulation. This study examined whether combining high-intensity functional training (HIFT) with 16:8 time-restricted fasting (TRF) could improve hormonal balance in obese women with and without hypothyroidism. After eight weeks, leptin and cortisol levels significantly decreased in all intervention groups, indicating improved metabolic and inflammatory status. Notably, TSH levels improved only in the combined exercise and fasting groups, highlighting the added value of exercise in supporting thyroid-axis function. Overall, integrating structured high-intensity training with time-restricted fasting appears to be a powerful strategy for restoring hormonal rhythm and enhancing metabolic health in obese women.





## تأثیر تمرینات فانکشنال شدید و رژیم روزه داری با محدودیت زمانی بر هورمون‌های شبانه‌روزی زنان چاق با و بدون کم‌کاری تیروئید

اسعد جاسم جابر ال دخیل<sup>۱</sup>، کاظم خدائی<sup>۲\*</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۶

### چکیده

**زمینه و هدف:** چاقی و اختلالات تیروئیدی می‌توانند موجب برهم‌خوردگی ریتم‌های هورمونی و متابولیسم شوند، به کارگیری مداخلات همزمان ورزشی و تغذیه‌ای می‌تواند نقش مهمی در بازتنظیم این ریتم‌ها داشته باشد. هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات فانکشنال شدید همراه با رژیم روزه داری با محدودیت زمانی بر هورمون‌های مرتبط با ریتم شبانه‌روزی در زنان چاق با و بدون کم‌کاری تیروئید بود. **روش پژوهش:** در این مطالعه ۴۸ زن چاق غیرفعال با BMI بالای ۳۰ و دامنه سنی ۳۰-۴۰ سال پس از فراخوان و کسب معیارهای ورود با روش نمونه‌گیری تصادفی ساده به سه گروه شامل: تمرین فانکشنال همراه با رژیم فستینگ در زنان سالم، رژیم فستینگ به‌تنهایی، گروه کنترل و گروه چهارم تمرین همراه با رژیم غذایی در زنان چاق مبتلا به کم‌کاری تیروئید تقسیم شدند. رژیم فستینگ با محدودیت زمانی در قالب الگوی ۱۶:۸ و برنامه تمرین فانکشنال شدید به مدت هشت هفته و سه جلسه در هفته اعمال گردید. غلظت سرمی هورمون‌ها در شرایط ناشتا پیش و پس از مداخله اندازه‌گیری شد. از روش آماری آنوای دو راهه با اندازه‌گیری مکرر به همراه آزمون تعقیبی LSD برای تحلیل داده‌ها استفاده شد. **یافته‌ها:** نتایج نشان داد سطوح لپتین در سه گروه مداخله شامل تمرین+رژیم در زنان سالم ( $p=0/007$ )، تمرین+رژیم در زنان با کم‌کاری تیروئید ( $p=0/005$ ) و رژیم به‌تنهایی ( $p=0/013$ ) نسبت به گروه کنترل کاهش معنی‌دار داشت. سطوح کورتیزول نیز در سه گروه مداخله شامل تمرین+رژیم در زنان سالم ( $p=0/004$ )، تمرین+رژیم در زنان با کم‌کاری تیروئید ( $p=0/041$ ) و رژیم به‌تنهایی ( $p=0/011$ ) نسبت به گروه کنترل کاهش معنی‌دار داشت. با این حال، کاهش TSH فقط در دو گروه، تمرین+رژیم در زنان سالم ( $p=0/047$ )، تمرین+رژیم در زنان با کم‌کاری تیروئید ( $p=0/003$ ) مشاهده شد. در مقابل، تغییرات تستوسترون و GH پس از مداخله معنادار نبود ( $p>0/05$ ). **نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج، به نظر می‌رسد که ترکیب تمرینات فانکشنال شدید و رژیم فستینگ با محدودیت زمانی اثرات بیشتری نسبت به اجرای رژیم به‌تنهایی داشت و توانست الگوهای هورمونی مختل شده را در زنان چاق، چه با عملکرد طبیعی تیروئید و چه با کم‌کاری تیروئید، تا حدی بازتنظیم کند. با این حال، مطالعات بیشتری نیاز است تا تأثیرات ورزش و رژیم غذایی فستینگ را بر دیگر هورمون‌های مرتبط با ریتم شبانه‌روزی را بررسی کند.

با اسکن QR فوق می‌توانید جزئیات مقاله حاضر را در سایت [www.jahssp.azaruniv.ac.ir](http://www.jahssp.azaruniv.ac.ir) مشاهده کنید.

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (نویسنده مسئول):

k.khodaei@urmia.ac.ir

**واژه‌های کلیدی:** تمرینات فانکشنال شدید، رژیم فستینگ، چاقی، ریتم شبانه‌روزی، هورمون‌ها

مقدمه

ناهمانگی می‌کند. چنین رفتارهایی، همراه با کاهش فعالیت بدنی، سیگنالهای زمانساز (مانند نور و زمان غذا خوردن) را تضعیف کرده و ریتمهای شبانه روزی را بی ثبات می‌سازند (۸). چاقی با اختلال در تنظیم محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال (HPA) همراه است که منجر به افزایش سطح کورتیزول ناشتا می‌شود. این هیپرکورتیزولمی می‌تواند مقاومت به انسولین را تشدید کند و باعث تجمع بیشتر چربی شود و یک چرخه معیوب از اختلال عملکرد متابولیک ایجاد کند (۹).

ورزش و تغذیه جزء جدایی ناپذیر کنترل وزن موثر هستند، با شواهدی که نقش هم افزایی آنها را در مدیریت چاقی و بهبود سلامت متابولیک نشان می‌دهد. ورزش‌های هوازی، مانند پیاده‌روی سریع یا دوچرخه‌سواری، رابطه دوز-پاسخ را با کاهش وزن نشان می‌دهند، که در آن هر ۳۰ دقیقه اضافی در هفته با کاهش وزن بدن (۰/۵۲ کیلوگرم)، دور کمر (۰/۵۶ سانتی‌متر) و چربی احشایی مرتبط است، به‌ویژه زمانی که با شدت متوسط تا شدید ادامه دهید (۱۰). تمرین مقاومتی نیز با حفظ توده بدون چربی و افزایش سلامت اسکلتی عضلانی عملکرد متابولیک طولانی‌مدت را حمایت می‌کند (۱۱). تمرین ورزشی بر هورمون‌های مختلف مرتبط با ریتم شبانه روزی مانند ملاتونین، لپتین، کورتیزول، هورمون رشد (GH) و فاکتور رشد شبه انسولین ۱ (IGF-1) تأثیر می‌گذارد. غلظت کورتیزول ممکن است پس از جلسات تمرین مقاومتی و حتی دو ساعت بعد از آن کاهش یابد، اگرچه تمرینات زیر بیشینه بالاتر از شدت‌های معین می‌توانند در ابتدا سطح کورتیزول را افزایش دهند سپس به ثبات برسد (۱۲). فعالیت بدنی منظم با افزایش سطح GH و IGF-1 مرتبط است که به طور بالقوه باعث افزایش کیفیت زندگی و حمایت از ترمیم و رشد عضلانی می‌شود، به‌ویژه از طریق تمرینات مقاومتی در مدت زمان کوتاه تر (۱۳). به طور کلی، ورزش به عنوان یک مزیت عمل می‌کند، به همگام سازی ساعت‌های بیولوژیکی داخلی با نشانه‌های بیرونی کمک می‌کند، در نتیجه احتمالاً تنظیم شبانه روزی و نتایج مربوط به سلامتی را بهبود می‌بخشد (۱۳). تغذیه با محدودیت زمانی یکی از روش‌های تغذیه‌ای است که امروزه برای کاهش و کنترل وزن بدن استفاده می‌شود که دریافت روزانه غذا را تنها به یک محدوده زمانی مشخص (مثلاً ۸ تا ۱۲ ساعت) محدود می‌کند. این رژیم چرخه‌های تغذیه-ناشتایی را با ریتم‌های شبانه‌روزی درون‌زا هماهنگ کرده، تنظیم هورمونی و سلامت متابولیک را بهینه می‌کند (۱۴). تغذیه با محدودیت زمانی می‌تواند حساسیت انسولین و متابولیسم گلوکز را با تقویت ترشح ریتمیک انسولین، تثبیت ریتم ترشح کورتیزول، افزایش کیفیت خواب با ترشح ملاتونین، افزایش سیری با تنظیم هورمون‌های اشتها (لپتین و گرلین) بهبود بخشد (۱۵، ۱۶).

چاقی و کم‌کاری تیروئید دو وضعیت شایع سلامتی هستند که اغلب به طور همزمان رخ می‌دهند و باعث ایجاد تعامل پیچیده‌ای در اختلالات متابولیک می‌شوند. چاقی، که با تجمع بیش از حد بافت چربی مشخص می‌شود، یک نگرانی جهانی در حوزه سلامت است و با بیماری‌های متعددی از جمله بیماری‌های قلبی-عروقی، دیابت و سندرم متابولیک همراه است (۱). از سوی دیگر، کم‌کاری تیروئید وضعیتی است که در آن غده تیروئید مقادیر ناکافی از هورمون‌های تیروئیدی تولید می‌کند و منجر به کاهش سرعت فرآیندهای متابولیک، افزایش وزن، خستگی و سایر پیامدهای سیستمیک می‌شود (۲). رابطه بین چاقی و کم‌کاری تیروئید دوسویه است. کم‌کاری تیروئید می‌تواند با کاهش نرخ متابولیسم پایه و ترموزن منجر به افزایش وزن شود، در حالی که چاقی نیز ممکن است اختلالات تیروئید را از طریق مکانیسم‌هایی مانند افزایش مقاومت به لپتین، التهاب مزمن و تغییر در تنظیم محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-تیروئید تشدید کند (۳). چاقی می‌تواند با افزایش سطح هورمون محرک تیروئید (TSH) همراه باشد، حتی در غیاب بیماری آشکار تیروئید. این وضعیت به عنوان کم‌کاری تیروئید زیربالینی شناخته می‌شود و ممکن است با تشدید اختلالات متابولیک، سلامت فرد را تحت تأثیر قرار دهد (۴). درک تعامل بین چاقی و کم‌کاری تیروئید برای مدیریت و درمان مؤثر این شرایط بسیار مهم است. رسیدگی همزمان به هر دو وضعیت نیازمند یک رویکرد چندرشته‌ای است که شامل تغییرات سبک زندگی، مداخلات دارویی و در برخی موارد جراحی چاقی می‌شود.

التهاب مزمن درجه پایین مرتبط با چاقی، که توسط سایتوکاین‌های مشتق از چربی (مانند TNF- $\alpha$ ، IL-6) ایجاد می‌شود، عملکرد هسته فوق کیاسماتیک (SCN)، ضربان ساز مرکزی شبانه روزی را مختل می‌کند (۵). سیگنال دهی پیش التهابی فعالیت عصبی SCN را مختل می‌کند، هم ترازای ساعت‌های محیطی را تضعیف می‌کند و باعث ایجاد سندرم متابولیک می‌شود. علاوه بر این، انفیلتراسیون ماکروفاژها در بافت چربی هیپرتروفیک، عدم همزمانی شبانه روزی را با تغییر بیان ژن ساعت محلی تقویت می‌کند و التهاب سیستمیک را تداوم می‌بخشد (۶). چاقی با کاهش ترشح ملاتونین شبانه مرتبط است که هورمون کلیدی تنظیم‌کننده شروع خواب و هماهنگی فاز شبانه روزی است (۷). افراد چاق اغلب الگوهای خواب تأخیری و زمانبندی نامنظم وعده‌های غذایی دارند که چرخه‌های تغذیه-روزه‌گیری را با سیگنال‌های نوری روز-شب

شدید همراه با تغذیه با محدودیت زمانی، گروه دوم تغذیه با محدودیت زمانی و گروه سوم کنترل و گروه چهارم ۱۲ نفر زن چاق با کم کاری تیروئید که تمرینات فانکشنال شدید همراه با تغذیه با محدودیت زمانی تقسیم شدند. قبل از شروع برنامه تمرینی به مدت یک هفته آشناسازی آزمودنی ها با تمرینات و رژیم تغذیه با محدودیت زمانی انجام شد. پس از انجام پیش‌آزمون، مداخله اصلی شامل رعایت رژیم تغذیه با محدودیت زمانی در طول ۸ هفته و اجرای تمرینات فانکشنال شدید طی ۸ هفته (سه جلسه در هفته) انجام شد.

**رژیم غذایی فستینگ با محدودیت زمانی:** پس از تکمیل ارزیابی‌های پایه، شرکت کنندگان دستورالعمل‌هایی در مورد مداخله «زمان خوردن» دریافت کردند که در آن به آن‌ها دستور داده شده ۱۶ ساعت در روز برای یک دوره ۸ هفته‌ای ناشتا باشند. شرکت کنندگان مجاز به مصرف نوشیدنی‌های بدون کالری، چای‌های شیرین نشده، قهوه سیاه، آدامس‌های بدون قند و تشویق به نوشیدن مقدار زیادی آب در طول دوره مداخله بودند. به شرکت کنندگان یک برگه دستورالعمل کتبی ارائه می‌شود تا به آن‌ها اطلاع دهد که کدام نوشیدنی برای مصرف در هنگام ناشتا مجاز است و کدام نوشیدنی مناسب نیست. همچنین، یک دفترچه خاطرات غذایی به آن‌ها داده می‌شود و از آن‌ها خواسته می‌شود که زمان اولین و آخرین کالری مصرفی خود را هر روز ثبت کنند. ساعات مقرر شده برای تغذیه از ۸ صبح تا ۱۶ بعداز ظهر است که در طول این مدت شرکت کنندگان هیچگونه محدودیتی برای دریافت کالری ندارند و تنها از پرخوری کردن منع می‌شوند. مداخله‌گر مطالعه در پایان هر هفته از طریق تلفن با شرکت کنندگان تماس می‌گرفت. هدف از این تماس‌ها بررسی نحوه پیروی از رژیم، نظارت بر عوارض جانبی و ارائه پشتیبانی و راهنمایی برای ترویج پایبندی به مداخله تغذیه‌ای بود. در هر تماس بعدی از شرکت کنندگان در مورد هر تغییری در سلامت یا عملکرد فیزیکی آن‌ها از زمان تماس قبلی پرسیده شد و هرگونه تغییر در گزارش عوارض جانبی ثبت شد. همچنین از شرکت کنندگان در مورد مشکلات یا چالش‌های موجود در پیگیری مداخله مطالعه پرسیده شد (۲۱).

**برنامه تمرینی:** پروتکل تمرینی فانکشنال شدید به مدت ۸ هفته و ۳ بار در هفته اجرا شد. برنامه تمرینی شامل ۴ گروه از حرکات بود که مطابق با جدول ۱ انجام شد. تمرینات با شدت مقیاس درک فشار کار بزرگ‌تر یا مساوی ۷ (در هر گروه فعالیت توسط شاخص درک فشار کنترل شد؛ به عبارتی شاخص درک فشار باید مساوی یا بیشتر از ۷ باشد) و ضربان قلب مطابق با آستانه تهویه‌ای دوم به روش پروتکل میدانی انجام می‌شود.

تمرین فانکشنال شدید، که فواصل با شدت بالا را با حرکات عملکردی و چند مفصلی ادغام می‌کند، با بهبود ترکیب بدن، حساسیت به انسولین و پروفایل‌های چربی، کارایی خود را در رفع چاقی و اختلالات متابولیک نشان داده است. تحقیقات نشان می‌دهد که تمرین فانکشنال شدید باعث کاهش قابل توجه درصد چربی بدن، دور کمر و چاقی احشایی می‌شود، در حالی که توده بدون چربی را حفظ می‌کند - برای حفظ متابولیسم در طول کاهش وزن کلیدی است (۱۷، ۱۸). تمرین فانکشنال شدید علاوه بر بهبود شاخص‌های آمادگی جسمانی و قلبی عروقی ممکن است التهاب مزمن را کاهش دهد، که به اختلال عملکرد متابولیک از طریق کاهش سایتوکین‌های پیش التهابی کمک می‌کند (۱۹، ۲۰). مطالعات قبلی اثر بخشی انواع تمرینات ورزشی و رژیم فستینگ متناوب جداگانه را بر برخی از هورمون‌های ریتم شبانه روزی مانند لپتین و کورتیزول بررسی کردند و نشان دادند که هر دو مداخله می‌توانند باعث بهبود این هورمون‌ها گردد (۱۵، ۱۶). اما، توجه به اثربخشی تمرین تمرینات ورزشی و تغذیه با محدودیت زمانی در افراد چاق مطالعات قبلی اثر بخشی همزمان این دو مداخله بویژه تمرینات فانکشنال شدید که تمرینی کاربردی و موثر در کنترل وزن را بر میزان سرمی هورمون‌های ریتم شبانه روزی بررسی نکرده است و تغییرات این هورمون‌ها در افراد چاق سالم و همراه با کم کاری تیروئید بعد از ورزش و رژیم غذایی با محدودیت زمانی بررسی نشده است. بنابراین، هدف از مطالعه حاضر بررسی تاثیر هشت هفته تمرین فانکشنال شدید همراه با رژیم فستینگ با محدودیت زمانی بر میزان سرمی هورمون‌های ریتم شبانه روزی در زنان چاق با و بدون کم کاری تیروئید بود.

### روش پژوهش

روش تحقیق مطالعه حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون بود. جامعه‌ی آماری این تحقیق زنان غیر فعال چاق سالم و همچنین زنان چاق مبتلا به کم کاری تیروئید شهرستان ارومیه بود. معیارهای ورود به مطالعه، شامل نداشتن فعالیت منظم ورزشی در شش ماه اخیر، عدم استفاده از رژیم غذایی فستینگ در شش ماه اخیر، نداشتن بیماری خاص، داشتن BMI بالای ۳۰ کیلوگرم بر متر مربع و در برخی افراد داشتن کم کاری تیروئید به تشخیص پزشک بود. تعداد نمونه با استفاده از نرم افزار G\*Power با توان آماری ۰/۹۵، سطح آلفای ۰/۰۵ و اندازه اثر ۰/۳۵ در این مطالعه ۴۰ نفر برآورد شد، که به علت ریزش احتمالی آزمودنی‌ها ۴۸ نفر که شرایط شرکت در تحقیق را داشته باشند به عنوان آزمودنی انتخاب شدند. آزمودنی‌های چاق سالم با روش نمونه-گیری تصادفی ساده به ۳ گروه ۱۲ نفره شامل گروه اول تمرینات فانکشنال

بود ( $p=0/001$ ). با این حال، اثر تعاملی زمان در گروه برای هورمون تستوسترون ( $p=0/093$ ) و GH ( $p=0/119$ ) تفاوت معنی داری نداشت. نتایج آزمون تعقیبی در شکل ۱ نشان داد که نتایج نشان داد سطوح لپتین در سه گروه مداخله شامل تمرین به همراه رژیم غذایی در زنان سالم ( $p=0/007$ )، تمرین به همراه رژیم غذایی در زنان با کم کاری تیروئید ( $p=0/005$ ) و رژیم به تنهایی ( $p=0/013$ ) نسبت به گروه کنترل کاهش معنی دار داشت. سطوح کورتیزول نیز در سه گروه مداخله شامل تمرین+رژیم در زنان سالم ( $p=0/004$ )، تمرین به همراه رژیم غذایی در زنان با کم کاری تیروئید ( $p=0/041$ ) و رژیم به تنهایی ( $p=0/011$ ) نسبت به گروه کنترل کاهش معنی دار داشت. با این حال، کاهش TSH فقط در دو گروه. تمرین به همراه رژیم غذایی در زنان سالم ( $p=0/047$ )، تمرین+رژیم در زنان با کم کاری تیروئید ( $p=0/003$ ) مشاهده شد. بین گروه‌های مداخله تمرین در ترکیب با رژیم غذایی و رژیم غذایی به تنهایی تفاوت معنی داری مشاهده نشد.

#### بحث

پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر هشت هفته تمرینات فانکشنال شدید به همراه پیروی از رژیم غذایی فستینگ با محدودیت زمانی بر هورمون های ریتم شبانه روزی در زنان چاق با و بدون کم کاری تیروئید بود. در مطالعه حاضر میزان هورمون لپتین کاهش معناداری در دو گروه تمرین به همراه رژیم غذایی و گروه رژیم غذایی به تنهایی نسبت به گروه کنترل داشت. از سوی دیگر، رژیم های فستینگ، با ایجاد یک کسری انرژی متناوب و القای کتوز، نه تنها سطح لپتین را کاهش می دهند، بلکه با بازتنظیم سیگنال دهی مسیرهای متابولیک در هیپوتالاموس، به بازیابی حساسیت به لپتین کمک می کنند. بنابراین، این مداخلات از طریق مکانیسم های مکمل، در نهایت منجر به بهبود هومئوستاز انرژی و عملکرد بهتر مدارهای عصبی تنظیم کننده اشتها می شوند که نتایج مطالعه مروری و متاآنالیز کاظمی نسب و همکارانش همسو با نتایج مطالعه ما کاهش در سطح لپتین بعد از ورزش و رژیم فستینگ متناوب در بزرگسالان مرد و زن چاق گزارش کرده است (۲۳،۲۴). همچنین، همسو با نتایج مطالعه حاضر، مطالعه مورا و همکارانش (۲۰۱۶) کاهش میزان لپتین را بعد از هشت هفته رژیم فستینگ با محدودیت زمانی در مردانی که تمرینات مقاومتی انجام می دادند نشان دادند (۲۵). با این حال، این مطالعه تنها در مردان انجام شده است. مطالعه استراتون و همکارانش (۲۰۲۰) نیز عدم تغییر لپتین بعد از ۴ هفته تمرین مقاومتی به همراه رژیم محدودیت کالری را نشان دادند که علت ناهمسوایی نتایج ممکن است مدت زمان کم مطالعه

تعیین ضربان قلب تمرین به این صورت بود که افراد در اجرای سی دقیقه ای تمرین دوچرخه می بایست یک شدت حداکثر معین یا ضربان قلب بیشینه تمرین را به مدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه حفظ می کردند. بعد از اتمام تست میانگین ضربان قلب کسب شده به مدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه در ۰/۹۵ ضرب می شد و ضربان قلب تمرینی با شدت تمرینی به دست می آمد و افراد تمرینات را در محدوده نزدیک به این ضربان قلب اجرا می کردند (۲۲).

#### اندازه گیری بیوشیمیایی

در این پژوهش نمونه های خونی با ۱۲ ساعت ناشتایی در ۴۸ ساعت پیش و پس از آخرین جلسه تمرین، جمع آوری شد. برای نمونه گیری ناشتا، از هر آزمودنی ۵ میلی لیتر خون بین ساعات ۸ تا ۹ صبح در آزمایشگاه از سیاهرگ دست چپ در وضعیت نشسته گرفته شد. نمونه ها در دستگاه سانتیفریوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتیگراد سانتیفریوژ شد و سرم حاصل تا زمان اجرای پروتکل تمرین مورد نظر در دمای ۲۴- درجه سانتیگراد نگهداری شد. تمامی هورمون ها به روش الایزا با کیت های انسانی الایزا اندازه گیری شد. هورمون های تستوسترون، کورتیزول، GH و TSH با کیت های شرکت DiaMetra ساخت کشور ایتالیا اندازه گیری شد. هورمون لپتین با استفاده از کیت انسانی شرکت Elabscience ساخت کشور چین اندازه گیری شد.

#### تجزیه و تحلیل آماری

در پژوهش حاضر برای بررسی نرمال بودن توزیع داده ها و همگنی واریانس ها به ترتیب از آزمون شاپیرو-ویلک و آزمون لون استفاده شد. برای بررسی تاثیر مداخلات تمرینی از تحلیل واریانس دوره ها با اندازه گیری مکرر (اثر تعاملی ۲ زمان در ۴ گروه) و برای مقایسه جفت گروه ها از آزمون تعقیبی LSD استفاده گردید. سطح معنی داری برای تمام روش های آماری  $p \leq 0/05$  در نظر گرفته شد. برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم SPSS نسخه ۲۶ استفاده گردید.

#### یافته ها

ویژگی آنترپومتریکی و توصیفی آزمودنی ها در جدول شماره ۲ ارائه شده است. نتایج آزمون آنوای یک راهه نشان داد که بین گروه ها تفاوت معنی داری در هیچ کدام از ویژگی های توصیفی وجود ندارد و گروه ها تقریباً همگن هستند. نتایج آزمون آنوای دوره ها با اندازه گیری مکرر در جدول شماره ۳ ارائه شده است. اثر تعاملی زمان در گروه در هورمون های لپتین ( $p=0/021$ )، کورتیزول ( $p=0/024$ ) و TSH ( $p=0/028$ ) تفاوت معنی داری نشان داد. اثر تعاملی طی زمان نیز در هر سه هورمون معنی دار

سوپراکسامتیک تنظیم می‌شود ولی تعامل قوی با خواب و بیداری، غذا خوردن و استرس دارد. در افراد چاق شواهد نشان می‌دهد که الگوی شبانه روزی کورتیزول دچار تغییر (مثلاً تخت شدن شب روزانه، افزایش یا تغییر در اوج/اگر) می‌شود که می‌تواند علامتی از اختلال در تنظیم HPA باشد و با مقاومت به انسولین، التهاب مزمن کم‌درجه و توزیع چربی شکمی مرتبط باشد (۳۲). تستوسترون در مردان (و تا حدی در زنان) یک نوسان شبانه‌روزی دارد که معمولاً همبستگی با خواب عمیق و بیدار شدن صبحگاهی نشان می‌دهد؛ خواب کوتاه‌شده یا کیفیت پایین خواب باعث کاهش متوسط تراز تستوسترون می‌شود. در افراد چاق، سطوح سرمی تستوسترون اغلب کاهش می‌یابد که به عوامل متعدد برمی‌گردد: افزایش آروماتاز (تبدیل تستوسترون به استروژن) در بافت چربی، التهاب مزمن، مقاومت به انسولین، و تأثیرات هورمون‌های تنظیم‌کننده اشتها (مثل لپتین/اینترلوکین‌ها) که محور HPA را مهار می‌کنند. کاهش تستوسترون خود می‌تواند به افزایش چربی مرکزی و کاهش توده عضلانی کمک کند و لذا یک چرخه معیوب ایجاد کند (۳۳).

در مطالعه حاضر میزان هورمون GH تغییر معناداری نداشت. اگرچه داده‌های محدودی در مورد اثرات ورزش منظم بر تغییرات مزمن در ترشح و عملکرد GH در ۲۴ ساعت وجود دارد، مطالعه‌ای که روی زنان عبورزشکار مبتلا به یائسگی انجام شد، نشان داد که ورزش هوازی منظم بالاتر از آستانه لاکتات منجر به افزایش دو برابری ترشح GH در ۲۴ ساعت می‌شود یک مطالعه اخیر که روی مردان جوان و میانسال انجام شد، نشان داد که ورزش منظم مقاومتی و هوازی همزمان منجر به افزایش قابل توجه سطح GH در حالت استراحت می‌شود (۳۴). برخی مطالعات هم ناهمسو با مطالعه حاضر عدم تغییر GH را با تمرینات هوازی مداوم با شدت متوسط و تمرینات اینتروال شدید در افراد چاق نشان دادند که البته چربی احشایی هم کاهش نیافته بود (۳۵). در افراد چاق، ریتم شبانه‌روزی ترشح هورمون GH به شدت مختل می‌شود. بارزترین اختلال، کاهش چشمگیر دامنه پالس‌های ترشحاتی، به ویژه پالس اصلی مرتبط با خواب عمیق شبانه است که منجر به کاهش تفاوت بین اوج و افت ترشح روزانه ۲۴ ساعته می‌گردد (۳۶). این وضعیت ناشی از افزایش تون مهاری سوماتوستاتین هیپوتالاموس و مهار ترشح GH توسط سطوح بالای اسیدهای چرب آزاد در گردش است کاهش ترشح GH که یک هورمون لیپولیتیک قوی است، به نوبه خود به تجمع چربی و تشدید اختلالات متابولیک کمک می‌کند. کاهش وزن قابل توجه می‌تواند این الگوی ترشح را تا حد زیادی بازیابی کند (۳۷).

آنها نسبت به مطالعه حاضر (۴ هفته نسبت به ۸ هفته) و جنسیت آزمودنی‌ها باشد (۲۶). مطالعه حیوانی نشان داده است که پاسخ لپتین به ورزش و رژیم فستینگ در موش‌های نر و ماده به خاطر تغییرات هورمونی و درصد چربی متفاوت باشد (۲۷). مکانیسم احتمالی کاهش در سطح هورمون لپتین به این صورت است که لپتین که به عنوان یک سیگنال سیری از بافت چربی ترشح می‌شود، با انتقال اطلاعات مربوط به ذخایر انرژی بدن به هسته سوپراکسامتیک - تنظیم‌کننده اصلی ریتم شبانه‌روزی - نقش مهمی در پیوند میان متابولیسم و زمان‌بندی بیولوژیک ایفا می‌کند. (۲۸). سطح این هورمون که خود از یک ریتم شبانه‌روزی با اوج معمول در شب پیروی می‌کند، از طریق فعال کردن گیرنده‌هایش در هسته سوپراکسامتیک، به هماهنگ‌سازی زمان‌بندی رفتارهای تغذیه‌ای با چرخه نور-تاریک کمک می‌نماید. هنگامی که الگوی ترشح، مثلاً به دلیل محرومیت از خواب یا کار شیفتی، مختل می‌شود، منجر به کاهش در سیگنال‌دهی سیری و تمایل به غذا خوردن در ساعات نامناسب می‌گردد که در نهایت می‌تواند در پاتوفیزیولوژی چاقی نقش داشته باشد (۲۹). ورزش منظم و رژیم‌های غذایی فستینگ هر دو به عنوان مداخلات مؤثر بر سطح لپتین و حساسیت به آن در افراد چاق مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. ورزش با کاهش توده چربی و التهاب سیستمیک، منجر به کاهش غلظت لپتین پلاسما می‌شود که این کاهش، انعکاس‌دهنده بهبود در حساسیت به لپتین و کاهش مقاومت به آن است (۳۰).

در مطالعه حاضر در دو گروه زنان چاق سالم و مبتلا به کم کاری تیروئید که همزمان تمرینات فانکشنال شدید و رژیم فستینگ با محدودیت زمانی را انجام می‌دادند سطح هورمون کورتیزول کاهش داشت اما تستوسترون تغییر معنی داری در هیچ یک از گروه‌ها نداشت. در یک مطالعه مروری متاآنالیز لیو و همکارانش بیان کردند که تأثیر رژیم محدودیت کالری در افرادی که ورزش می‌کردند باعث کاهش تستوسترون و عدم تغییر کورتیزول می‌شود (۳۱). استراتون و همکارانش نیز نشان دادند که چهار هفته تمرینات مقاومتی به همراه رژیم محدودیت کالری باعث کاهش تستوسترون و افزایش کورتیزول می‌شود (۲۶). بنظر می‌رسد نوع تمرینات و مدت زمان آنها بر میزان این هورمون‌های تستوسترون و کورتیزول اثرگذار باشد. همچنین، مکانیسم احتمالی تأثیر رژیم با محدودیت زمان بر تستوسترون و کورتیزول احتمالاً میانجی‌گری شده توسط تغییر وزن یا چربی مرکزی است و نه صرفاً پنجره زمانی غذا. با توجه به اینکه هورمون کورتیزول که توسط محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال (HPA) ترشح می‌شود و الگوی روزانه مشخصی دارد: اوج صبحگاهی و پایین‌ترین مقدار در شب. ریتم ۲۴ ساعته کورتیزول عمدتاً توسط هسته

اشاره کرد که پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی این موارد بیشتر مد نظر قرار گیرد. از دیگر محدودیت‌های مطالعه حاضر عدم بررسی دقیق کالری دریافتی و ریزمغذی‌ها بود. همچنین، توصیه می‌گردد در مطالعات آینده تاثیرات رژیم غذایی فستینگ و ورزش روی هورمون‌های دیگر ریتم شبانه روزی در زمان‌های اوج ترشح آنها بررسی گردد.

#### نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که ترکیب هشت هفته تمرینات فانکشنال شدید با رژیم فستینگ محدودیت زمانی می‌تواند با ایجاد تغییرات سودمند در هورمون‌های مرتبط با ریتم شبانه‌روزی، نقش موثری در بهبود وضعیت متابولیک زنان چاق، چه با عملکرد طبیعی تیروئید و چه با کم‌کاری تیروئید، ایفا کند. کاهش معنادار لپتین و کورتیزول در هر سه گروه مداخله، و نیز کاهش TSH فقط در دو گروهی که تمرین و رژیم را هم‌زمان دنبال کردند، نشان می‌دهد که افزودن فعالیت بدنی به الگوی تغذیه‌ای فستینگ، اثر قوی‌تری بر بازتنظیم محورهای هورمونی و بهبود هم‌زمان حساسیت متابولیک و ریتم شبانه‌روزی دارد. در حالی که تستوسترون و GH در برابر این مداخلات واکنش معنی‌داری نشان ندادند، شواهد موجود بیانگر آن است که ویژگی‌های خاص جمعیت مورد مطالعه، شدت تمرین و مدت زمان مداخله، عوامل تعیین‌کننده در پاسخ هورمونی هستند. بر اساس این یافته‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از رویکرد ترکیبی تمرینات فانکشنال و رژیم فستینگ محدودیت زمانی، راهبردی کارآمد برای بهبود اختلالات هورمونی و ریتم شبانه‌روزی مرتبط با چاقی به‌ویژه در زنان، محسوب می‌شود؛ هرچند ضرورت انجام پژوهش‌های طولانی‌مدت‌تر و مقایسه‌ای برای روشن‌تر شدن نقش دقیق هر یک از اجزای مداخله همچنان پابرجاست.

#### تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی‌های شرکت‌کننده و کسانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری رساندند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

#### تضاد منافع

نویسندگان این مقاله، هیچ نفع متقابلی از انتشار آن ندارند.

#### منابع

1. Islam A, Sultana H, Nazmul Hassan Refat M, Farhana Z, Abdulbasah Kamil A, Meshbahur Rahman M. The global burden of overweight-obesity and its

در مطالعه حاضر هر دو گروه تمرینات فانکشنال شدید به همراه رژیم غذایی در افراد چاق سالم و مبتلا به کم‌کاری تیروئید کاهش معناداری نشان داد. در یک مطالعه مور و همکاران تاثیر ۱۲ هفته رژیم محدودیت زمانی با تمرینات مقاومتی را بر میزان هورمون TSH مردان سالم تمرین کرده مقاومتی بررسی کردند و عدم تغییر این هورمون را پس از ۱۲ هفته نشان دادند (۳۸). دلیل عدم همسویی این مطالعه با مطالعه حاضر، تفاوت در آزمودنی‌ها بود که در مطالعه حاضر افراد چاق بودند و پاسخ‌شان به رژیم غذایی و ورزش ممکن است بیشتر از افراد تمرین کرده سالم باشد. در دیگر مطالعات مور و همکارانش در ورزشکارانی دوچرخه سوار و ورزشکاران که تمرینات مقاومتی انجام می‌دادند نیز عدم تغییر هورمون TSH گزارش شده است (۲۵،۳۹). کارآزمایی‌های بالینی تصادفی شده نشان داده‌اند که رژیم محدودیت زمانی ممکن است باعث کاهش ملایم TSH یا بدون تغییر محسوس در آن شود. در یک تحلیل ثانویه جدید، افراد مبتلا به سندرم متابولیک که از رژیم محدودیت زمانی (با یا بدون رژیم کم‌کربوهیدرات) استفاده کردند، بهبود شاخص‌های عملکرد تیروئید از جمله کاهش TSH را تجربه کردند (۴۰). در کارآزمایی‌های طولانی‌مدت ورزشی (۸ هفته یا بیشتر)، در افراد مبتلا به کم‌کاری تیروئید خفیف، گاهی کاهش TSH و افزایش T4 مشاهده شده است. در افراد سالم، اثر ورزش کمتر قابل‌پیش‌بینی است و ورزش شدید ممکن است به‌طور موقت TSH را تغییر دهد (۴۱). شواهد مستقیم و با کیفیت بالا اندک است؛ اما مرورهای نظام‌مند نشان می‌دهند که ترکیب TRE و ورزش موجب بهبود ترکیب بدنی و متابولیسم می‌شود؛ تغییراتی که به‌طور فیزیولوژیک می‌تواند باعث کاهش TSH یا بهبود عملکرد محور تیروئید شوند. اندازه تغییرات هورمونی اما بین مطالعات متفاوت است (۴۲). مطالعات مقطعی و طولی متعدد نشان داده‌اند که افراد چاق نسبت به افراد با وزن نرمال، به‌طور میانگین گرایش به سطوح TSH دارند؛ همچنین در برخی سری‌ها T3 افزایش و T4 کاهش نسبی گزارش شده است. با این وجود، اینکه افزایش TSH «عامل» ایجاد چاقی است یا «پیامد» آن، محل بحث بوده و نتایج مطالعات ژنتیکی نشان می‌دهد شواهدی برای اثر علی مستقیم TSH و چاقی ضعیف است، اما شواهدی وجود دارد که افزایش ژنتیکی BMI می‌تواند باعث افزایش TSH و T3 شود (۴۳). از محدودیت‌های مطالعه حاضر می‌توان به عدم کنترل دقیق متغیرهای خواب، استرس، کیفیت رژیم غذایی و تفاوت‌های فردی در پاسخ هورمونی

association with economic status, benefiting from STEPs survey of WHO member states: A meta-



- analysis. *Prev Med Rep.* 2024 Oct;**46**:102882. 10.1016/j.pmedr.2024.102882 PMID: 39290257 .
۲. Taylor PN, Medici MM, Hubalewska-Dydejczyk A, Boelaert K. Hypothyroidism. *Lancet.* 2024 Oct 5;**404**(10460):1347-64. 10.1016/s0140-6736(24)01614-3 PMID: 39368843 .
۳. Sanyal D, Raychaudhuri M. Hypothyroidism and obesity: An intriguing link. *Indian J Endocrinol Metab.* 2016 Jul-Aug;**20**(4):554-7. 10.4103/2230-8210.183454 PMID: 27366725 .
۴. Rotondi M, Leporati P, La Manna A, Pirali B, Mondello T, Fonte R, et al. Raised serum TSH levels in patients with morbid obesity: is it enough to diagnose subclinical hypothyroidism? *Eur J Endocrinol.* 2009 Mar;**160**(3):403-8. 10.1530/eje-08-0734 PMID: 19073832 .
۵. Cipolla-Neto J, Amaral FG, Afeche SC, Tan DX, Reiter RJ. Melatonin, energy metabolism, and obesity: a review. *J Pineal Res.* 2014 May;**56**(4):371-81. 10.1111/jpi.12137 PMID: 24654916 .
۶. Shi SQ, Ansari TS, McGuinness OP, Wasserman DH, Johnson CH. Circadian disruption leads to insulin resistance and obesity. *Curr Biol.* 2013 Mar 4;**23**(5):372-81. 10.1016/j.cub.2013.01.048 PMID: 23434278 .
۷. McHill AW, Wright KP, Jr. Role of sleep and circadian disruption on energy expenditure and in metabolic predisposition to human obesity and metabolic disease. *Obes Rev.* 2017 Feb;**18** Suppl 1:15-24. 10.1111/obr.12503 PMID: 28164449 .
۸. Bass J, Takahashi JS. Circadian integration of metabolism and energetics. *Science.* 2010 Dec 3;**330**(6009):1349-54. 10.1126/science.1195027 PMID: 21127246 .
۹. Incollingo Rodriguez AC, Epel ES, White ML, Standen EC, Seckl JR, Tomiyama AJ. Hypothalamic-pituitary-adrenal axis dysregulation and cortisol activity in obesity: A systematic review. *Psychoneuroendocrinology.* 2015 Dec;**62**:301-18. 10.1016/j.psyneuen.2015.08.014 PMID: 26356039 .
۱۰. Jayedi A, Soltani S, Emadi A, Zargar MS, Najafi A. Aerobic Exercise and Weight Loss in Adults: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis. *JAMA Netw Open.* 2024 Dec 2;**7**(12):e2452185. 10.1001/jamanetworkopen.2024.52185 PMID: 39724371 .
۱۱. Kudchadkar G, Akinsiku O, Hefner M, Ozioma PU, Booe H, Dhurandhar NV. Shedding the weight of exercise for obesity management. *International Journal of Obesity.* 2024 2024/10/01;**48**(10):1357-8. 10.1038/s41366-024-01527-1 PMID .
۱۲. De Nys L, Anderson K, Ofosu EF, Ryde GC, Connelly J, Whittaker AC. The effects of physical activity on cortisol and sleep: A systematic review and meta-analysis. *Psychoneuroendocrinology.* 2022 Sep;**143**:105843. 10.1016/j.psyneuen.2022.105843 PMID: 35777076 .
۱۳. Birzniece V. Exercise and the growth hormone–insulin-like growth factor axis. *Current Opinion in Endocrine and Metabolic Research.* 2019 2019/12/01;**9**:1-7. <https://doi.org/10.1016/j.coemr.2019.04.006> PMID .
۱۴. Manoogian ENC, Panda S. Circadian rhythms, time-restricted feeding, and healthy aging. *Ageing Res Rev.* 2017 Oct;**39**:59-67. 10.1016/j.arr.2016.12.006 PMID: 28017879 .
۱۵. Zeb F, Wu X, Fatima S, Zaman MH, Khan SA, Safdar M, et al. Time-restricted feeding regulates molecular mechanisms with involvement of circadian rhythm to prevent metabolic diseases. *Nutrition.* 2021 Sep;**89**:1112/10.1016/j.nut.2021.111244 PMID: 33930788 .
۱۶. García-Gaytán AC, Miranda-Anaya M, Turrubiate I, López-De Portugal L, Bocanegra-Botello GN, López-Islas A, et al. Synchronization of the circadian clock by time-restricted feeding with progressive increasing calorie intake. Resemblances and differences regarding a sustained hypocaloric restriction. *Sci Rep.* 2020 Jun 22;**10**(1):10036. 10.1038/s41598-020-66538-0 PMID: 32572063 .
۱۷. Feito Y, Hoffstetter W, Serafini P, Mangine G. Changes in body composition, bone metabolism, strength, and skill-specific performance resulting from 16-weeks of HIFT. *PLoS One.* 2018;**13**(6):e0198324. 10.1371/journal.pone.0198324 PMID: 29906290 .
۱۸. Meng C, Yucheng T, Shu L, Yu Z. Effects of school-based high-intensity interval training on body composition, cardiorespiratory fitness and cardiometabolic markers in adolescent boys with obesity: a randomized controlled trial. *BMC Pediatr.* 2022 Mar 1;**22**(1):112. 10.1186/s12887-021-03079-z PMID: 35232402 .



۱۹. Wang X, Soh KG, Zhang L, Liu X, Ma S, Zhao Y, et al. Effects of high-intensity functional training on physical fitness in healthy individuals: a systematic review with meta-analysis. *BMC Public Health*. 2025 2025/02/10;**25**(1):528. 10.1186/s12889-025-21538-5 PMID .
۲۰. Lu Y, Wiltshire HD, Baker JS, Wang Q, Ying S. The effect of Tabata-style functional high-intensity interval training on cardiometabolic health and physical activity in female university students. *Front Physiol*. 2023;**14**:1095315. 10.3389/fphys.2023.1095315 PMID: 36923290 .
۲۱. Anton SD, Lee SA, Donahoo WT, McLaren C, Manini T, Leeuwenburgh C, et al. The effects of time restricted feeding on overweight, older adults: a pilot study. *Nutrients*. 2019;**11**(7):1500 .
۲۲. Smith L, Van Guilder G, Dalleck L, Harris N. The effects of high-intensity functional training on cardiometabolic risk factors and exercise enjoyment in men and women with metabolic syndrome: study protocol for a randomized, 12-week, dose-response trial. *Trials*. 2022;**23**(1):182 .
۲۳. Gaeini Z, Mirmiran P, Bahadoran Z. Effects of Ramadan intermittent fasting on leptin and adiponectin: a systematic review and meta-analysis. *Hormones (Athens)*. 2021 Jun;**20**(2):237-46. 10.1007/s42000-021-00285-3 PMID: 33786736 .
۲۴. Kazeminasab F, Behzadnejad N, Cerqueira HS, Santos HO, Rosenkranz SK. Effects of intermittent fasting combined with exercise on serum leptin and adiponectin in adults with or without obesity: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Front Nutr*. 2024;**11**:1362731. 10.3389/fnut.2024.1362731 PMID: 38933888 .
۲۵. Moro T, Tinsley G, Bianco A, Marcolin G, Pacelli QF, Battaglia G, et al. Effects of eight weeks of time-restricted feeding (16/8) on basal metabolism, maximal strength, body composition, inflammation, and cardiovascular risk factors in resistance-trained males. *J Transl Med*. 2016 Oct 13;**14**(1):290. 10.1186/s12967-016-1044-0 PMID: 27737674 .
۲۶. Stratton MT, Tinsley GM, Alesi MG, Hester GM, Olmos AA, Serafini PR, et al. Four Weeks of Time-Restricted Feeding Combined with Resistance Training Does Not Differentially Influence Measures of Body Composition, Muscle Performance, Resting Energy Expenditure, and Blood Biomarkers. *Nutrients*. 2020 Apr 17;**12**(4). 10.3390/nu12041126 PMID: 32316561 .
۲۷. Wilson RA, Stathis CG, Hayes A, Cooke MB. Intermittent Fasting and High-Intensity Exercise Elicit Sexual-Dimorphic and Tissue-Specific Adaptations in Diet-Induced Obese Mice. *Nutrients*. 2020 Jun 12;**12**(6). 10.3390/nu12061764 PMID: 32545529 .
۲۸. Coomans CP, van den Berg SA, Lucassen EA, Houben T, Pronk AC, van der Spek RD, et al. The suprachiasmatic nucleus controls circadian energy metabolism and hepatic insulin sensitivity. *Diabetes*. 2013 Apr;**62**(4):1102-8. 10.2337/db12-0507 PMID: 23274903 .
۲۹. Kalsbeek A, la Fleur S, Fliers E. Circadian control of glucose metabolism. *Mol Metab*. 2014 Jul;**3**(4):372-83. 10.1016/j.molmet.2014.03.002 PMID: 24944897 .
۳۰. Peng J, Yin L, Wang X. Central and peripheral leptin resistance in obesity and improvements of exercise. *Horm Behav*. 2021 Jul;**133**:105006. 10.1016/j.yhbeh.2021.105006 PMID: 34087669 .
۳۱. Liu X, Xu Y, Mu X, Shen J. The effects of time restricted feeding on weight loss and other changes of anthropometric parameters among physically active individuals. *Science & Sports*. 2024 2024/01/01;**39**(1):87-95. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2023.01.005> PMID .
۳۲. Lucassen EA, Cizza G. The Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis, Obesity, and Chronic Stress Exposure: Sleep and the HPA Axis in Obesity. *Curr Obes Rep*. 2012 Dec;**1**(4):208-15. 10.1007/s13679-012-0028-5 PMID: 23162786 .
۳۳. Liu PY, Reddy RT. Sleep, testosterone and cortisol balance, and ageing men. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. 2022 2022/12/01;**23**(6):1323-39. 10.1007/s11154-022-09755-4 PMID .
۳۴. Sabag A, Chang D, Johnson NA. Growth Hormone as a Potential Mediator of Aerobic Exercise-Induced Reductions in Visceral Adipose Tissue. *Front Physiol*. 2021;**12**:623570. 10.3389/fphys.2021.623570 PMID: 33981247 .
۳۵. Sasaki H, Morishima T, Hasegawa Y, Mori A, Ijichi T, Kurihara T, et al. 4 weeks of high-intensity interval training does not alter the exercise-induced growth hormone response in sedentary men.

Springerplus. 2014;3:336. 10.1186/2193-1801-3-336  
PMID: 25806146 .

۳۶ Scacchi M, Pincelli AI, Cavagnini F. Growth hormone in obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1999 Mar;23(3):260-71. 10.1038/sj.ijo.0800807  
PMID: 10193871 .

۳۷ Hjelholt A, Høgild M, Bak AM, Arlien-Søborg MC, Bæk A, Jessen N, et al. Growth Hormone and Obesity. *Endocrinology and Metabolism Clinics*. 2020;49(2):239-50. 10.1016/j.ecl.2020.02.009  
PMID: .

۳۸ Moro T, Tinsley G, Pacelli FQ, Marcolin G, Bianco A, Paoli A. Twelve Months of Time-restricted Eating and Resistance Training Improves Inflammatory Markers and Cardiometabolic Risk Factors. *Medicine & Science in Sports & Exercise* . ۲۰۲۱;۵۳(۱۲):.

۳۹ Moro T, Tinsley G, Longo G, Grigoletto D, Bianco A, Ferraris C, et al. Time-restricted eating effects on performance, immune function, and body composition in elite cyclists: a randomized controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr*. 2020 Dec 11;17(1):65. 10.1186/s12970-020-00396-z  
PMID: 33308259 .

۴۰ Zheng Y, Wang J, Liu M, Zhou X, Lin X, Liang Q, et al. Time-restricted eating with or without a low-carbohydrate diet improved myocardial status and thyroid function in individuals with metabolic syndrome: secondary analysis of a randomized clinical trial. *BMC Med*. 2024 Sep 4;22(1):362. 10.1186/s12916-024-03595-6  
PMID: 39227921 .

۴۱ Sundus H, Khan SA, Zaidi S, Chhabra C, Ahmad I, Khan H. Effect of long-term exercise-based interventions on thyroid function in hypothyroidism: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Complement Ther Med*. 2025 Sep;92:103196. 10.1016/j.ctim.2025.103196  
PMID: 40446861 .

۴۲ Dai Z, Wan K, Miyashita M, Ho RS-t, Zheng C, Poon ET-c, et al. The Effect of Time-Restricted Eating Combined with Exercise on Body Composition and Metabolic Health: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Advances in Nutrition*. 2024 2024/08/01;15(8):100262.  
<https://doi.org/10.1016/j.advnut.2024.100262> PMID .

۴۳ Mele C, Mai S, Cena T, Pagano L, Scacchi M, Biondi B, et al. The pattern of TSH and ft4 levels across different BMI ranges in a large cohort of euthyroid patients with obesity. *Front Endocrinol*

(Lausanne). 2022;13:1029376.  
10.3389/fendo.2022.1029376 PMID: 3 . ۶۳۱۳۷۸۰



جدول-۱. پروتکل ۸ هفته ای تمرینات فانکشنال شدید

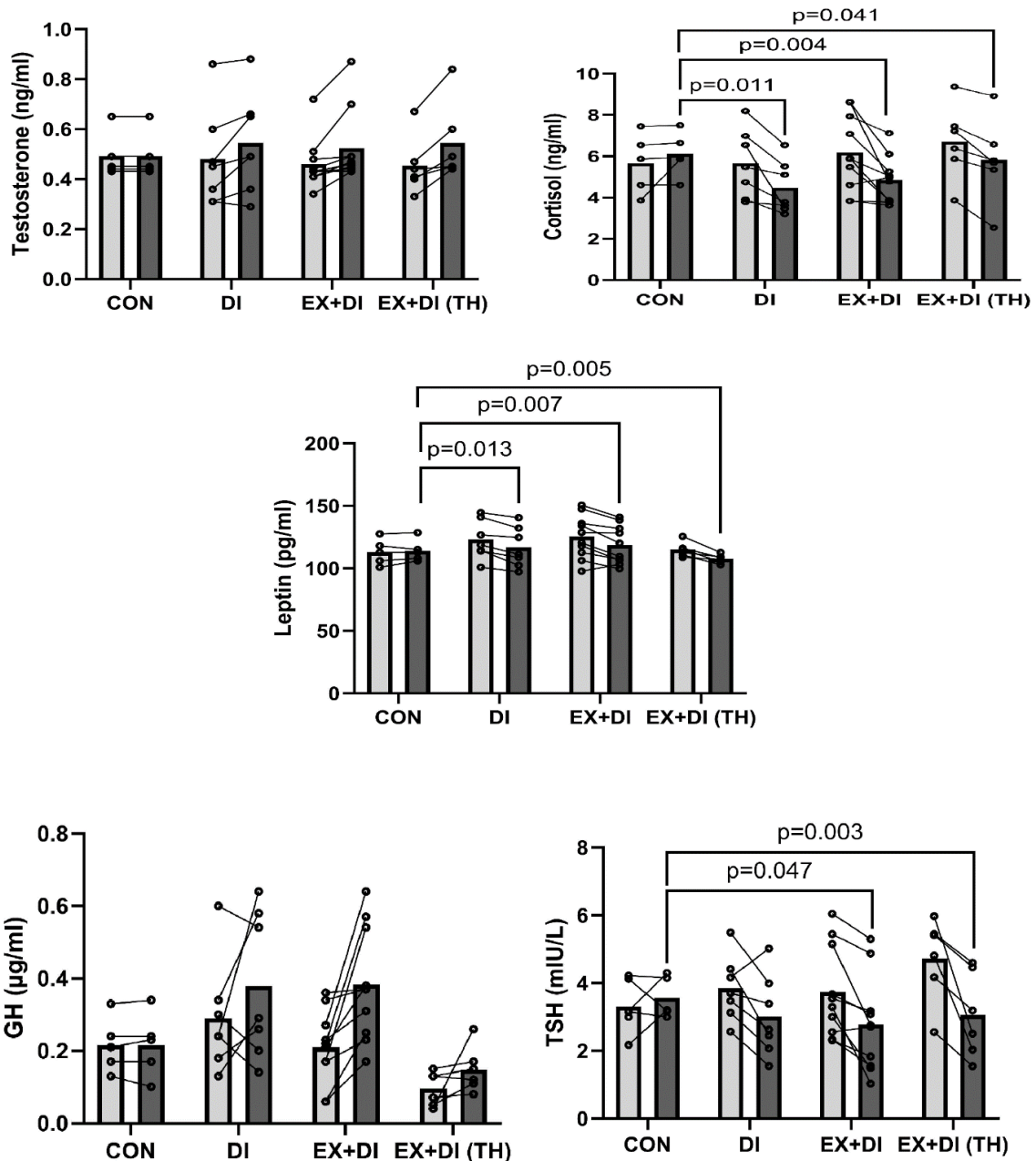
تمرینات هفته اول و دوم	زمان/تکرار	تمرینات هفته سوم به بعد	زمان/تکرار
گروه حرکات اول			
راه رفتن سریع	۳۰ ثانیه	دو نرم	۳۰ ثانیه
گابلت اسکوات	۶ تکرار	گابلت اسکوات	۶ تکرار
پرس سینه با دمبل	۸ تکرار	پرس سینه با دمبل بیشتر	۸ تکرار
پلانک	۲۰ ثانیه	پلانک + پای کوهنوردی	۱۰ ثانیه + ۱۰ تکرار
گروه حرکات دوم			
راه رفتن سریع	۳۰ ثانیه	دو نرم	۳۰ ثانیه
گام روی استپ	۶ تکرار	گام روی استپ با دمبل	۶ تکرار
روئینگ تی آر ایکس	۸ تکرار	روئینگ تی آر ایکس	۸ تکرار
شکم چرخشی روسی	۱۰ تکرار	شکم چرخشی روسی با مدیسن بال	۱۰ تکرار
گروه حرکات سوم			
راه رفتن سریع	۳۰ ثانیه	دو نرم	۳۰ ثانیه
ددلیفت با چوب	۶ تکرار	ددلیفت با چوب	۶ تکرار
پوش پرس با دمبل	۸ تکرار	پوش پرس با دمبل بیشتر	۸ تکرار
پلانک	۲۰ ثانیه	پلانک + پای کوهنوردی	۱۰ ثانیه + ۱۰ تکرار
گروه حرکات چهارم			
راه رفتن سریع	۳۰ ثانیه	دو نرم	۳۰ ثانیه
لانژ	۶ تکرار	لانژ	۶ تکرار
حرکت جلو بازو تی آر ایکس	۸ تکرار	حرکت جلو بازو تی آر ایکس	۸ تکرار
شکم چرخشی روسی	۱۰ تکرار	شکم چرخشی روسی با مدیسن بال	۱۰ تکرار
مدت استراحت بین گروه حرکات		هفته اول تا سوم	۳ دقیقه
		هفته چهارم	۲/۵ دقیقه
		هفته پنجم و ششم	۲ دقیقه
		هفته هفتم و هشتم	۱/۵ دقیقه

جدول- ۲. ویژگی های آنترپومتریکی و توصیفی آزمودنی ها

متغیرها	گروه ورزش و رژیم در زنان چاق با کم کاری تیروئید (n=۱۲)	گروه رژیم و ورزش در زنان چاق سالم (n=۱۲)	گروه رژیم غذایی در زنان چاق سالم (n=۱۰)	مقادیر P
سن (سال)	۳۴/۶۶±۸/۲۳	۳۵/۱۰±۸/۹۶	۳۹/۲۸±۹/۰۶	۰/۷۳
قد (سانتی متر)	۱۶۵/۲۸±۵/۲۱	۱۶۵/۲۰±۵/۱۹	۱۶۴/۳۸±۶/۰۰	۰/۶۸
وزن (کیلوگرم)	۸۹/۵۳±۱۵/۲۴	۸۶/۱۴±۱۰/۱۴	۸۹/۶۱±۷/۶۴	۰/۷۳
شاخص توده بدنی (kg/m <sup>2</sup> )	۳۲/۶۲±۴/۲۱	۳۱/۴۸±۲/۶۱	۳۳/۲۹±۴/۰۱	۰/۷۲

جدول- ۳. سطوح استراحتی هورمون های ریتم شبانه روزی بعد از مداخله های تمرینی و رژیم فستینگ

متغیرها	اثر تعاملی	مقادیر p	اندازه اثر
لپتین	زمان	۰/۰۰۱	۰/۵۴
	زمان×گروه	۰/۲۱	۰/۳۲
تستوسترون	زمان	۰/۰۰۱	۰/۴۹
	زمان×گروه	۰/۰۹۳	۰/۲۳
کورتیزول	زمان	۰/۰۰۱	۰/۳۶
	زمان×گروه	۰/۰۲۴	۰/۳۲
GH	زمان	۰/۰۰۶	۰/۲۷
	زمان×گروه	۰/۱۱۹	۰/۲۱
TSH	زمان	۰/۰۰۱	۰/۵۲
	زمان×گروه	۰/۰۲۸	۰/۳۱



شکل ۱- نتایج آزمون تعقیبی برای مقایسه جفت گروه‌ها. CON (کنترل)، DI (گروه رژیم فستینگ به تنهایی)، EX+DI (گروه ورزش و رژیم در افراد چاق با کم کاری تیروئید)، EX+DI (TH) (گروه ورزش و رژیم در افراد چاق سالم).

