



Original Article

The Effect of Taurine Supplementation on Lipid Oxidation and Anaerobic Threshold in Obese Women Aged ۲۵-۴۵

Fatemeh Hassanabadi^۱, Rohollah Nikooie^۲ , Mohsen Aminaei^۳

^۱. MSc in Sports Physiology, Faculty of Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

^۲. Associate professor, Department of exercise physiology, Faculty of physical education and sport science, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

^۳. Assistance professor, Department of exercise physiology, Faculty of physical education and sport science, Shahid Bahonar University of kerman, Kerman, Iran

Received: ۲۲/۰۸/۲۰۲۴, **Revised:** ۰۶/۰۲/۲۰۲۵, **Accepted:** ۱۱/۰۲/۲۰۲۵

* Corresponding Author: Rohollah Nikooie, Tel: +۹۸ ۳۴۱ ۲۸۱۱ ۰۰۱-۲, E-mail: r_nikooie@uk.ac.ir,

How to Cite: Hassanabadi, F; Nikooie, R; Aminaei, M. (۲۰۲۴). The Effect of Taurine Supplementation on Lipid Oxidation and Anaerobic Threshold in Obese Women Aged ۲۵-۴۵. *Sport Shysiology*, ۱۶(۶۳), ۳۱-۴۸. In Persian.

Extended Abstract

Background and Purpose

Obesity, a prevalent metabolic disorder, is associated with increased fat and plasma glucose levels, insulin resistance, and the risk of type ۲ diabetes (۱). This condition is linked to inflammation, lipid disorders, and cardiovascular diseases (۲). Taurine, a sulfur-containing amino acid, plays a key role in regulating glucose and lipid metabolism, reduces inflammation, and improves insulin resistance (۳, ۴). Studies indicate that taurine, by enhancing fat oxidation and improving mitochondrial function, can aid in weight loss and metabolic improvement in obese individuals (۵, ۶). Additionally, obese individuals exhibit lower values for physiological variables corresponding to anaerobic threshold (AT), indicating a faster shift from fat to carbohydrate metabolism (۷, ۸). Taurine supplementation may delay the onset of AT and improve metabolic function by increasing fat oxidation, specially in obese people who experience lower valules for bodt's taurine resourses (۹). Therefore, the current study investigates the effects of taurine on fat oxidation and AT in obese individuals.

Materials and Methods

This quasi-experimental study employed a pretest-posttest design with repeated measurements. The study population consisted of ۱۵ obese women aged ۲۵ to ۴۵ years from Kerman, Iran, with a BMI



Copyright: © ۲۰۲۳ by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/۴.۰/>).

above ۳۱, who were selected purposively. Inclusion criteria included general health, no menstrual cycle disorders, no use of medication or sports supplements for at least two months prior to the study, and a BMI above ۳۱. Of these, ۱۱ participants completed the study. The study was conducted in three sessions: the first session involved obtaining informed consent, body composition assessment, and familiarization with the incremental exercise test; the second session served as the pretest, including the incremental exercise test and blood sample collection before and after the test; and the third session, the posttest, repeated the second session ۴۸ hours after the last day of taurine supplementation (۵۰ mg per kg of body weight for ۲۱ days). The incremental test was performed on a cycle ergometer, with breath-by-breath collection of respiratory gases indexes throughout the test using a Cortex device. The anaerobic threshold was defined as abrupt increase in ventilatory equivalent of oxygen (VE/VO_2) graph. Fat oxidation was assessed through changes in plasma triglycerides (TG), RER, and energy derived from fat during exercise. Blood samples were collected before and after the test, and plasma TG levels were measured by ELISA. Data were analyzed using the Shapiro-Wilk test for normality, paired t-tests for pretest-posttest comparisons, and repeated measures ANOVA for TG and RER comparisons. The study was approved by the Ethics Committee of Kerman University of Medical Sciences (IR.VK.REC.۱۴۰۱.۰۱۲).

Findings

The current study examined the effects of ۲۱ days of taurine supplementation on metabolic and functional indices in ۱۱ obese women (mean age 34.53 ± 6.32 years, BMI $33.12 \pm 3.23 \text{ kg/m}^2$). Anthropometric data included height (157.47 ± 3.87 cm), weight (82.17 ± 9.21 kg), and body fat percentage (40.19 ± 2.05). Taurine supplementation significantly reduced resting plasma TG levels by ۲۶% ($P < 0.01$). Additionally, TG levels at the end of the incremental test were significantly lower after supplementation compared to the values of pretest ($P < 0.01$), although changes in TG during the incremental test were not significant between pretest and posttest. Taurine supplementation also significantly reduced RER values in the final ۳۰ seconds of each stage of the incremental test ($P < 0.05$), indicating increased fat oxidation. Energy derived from fat during exercise also increased significantly ($P < 0.05$). These results suggest improved fat metabolism following supplementation. Regarding functional indices, taurine supplementation led to a significant increase in maximal oxygen consumption ($VO_{2\text{max}}$) from ۱۶.۲۰ to ۱۹.۲۰ mL/kg/min ($P < 0.05$) and an increase in time to exhaustion during the incremental test from ۵۳۱ to ۵۷۳ seconds ($P < 0.05$). However, oxygen consumption and heart rate corresponding to AT did not change significantly. Maximum heart rate increased from ۱۷۹ to ۱۸۲ bpm, but this change was not significant. Overall, the findings indicate that ۲۱ days of taurine supplementation can reduce plasma TG levels, enhance fat oxidation, and improve exercise performance. These results suggest a positive effect of taurine supplementation on fat metabolism and aerobic capacity in obese women.

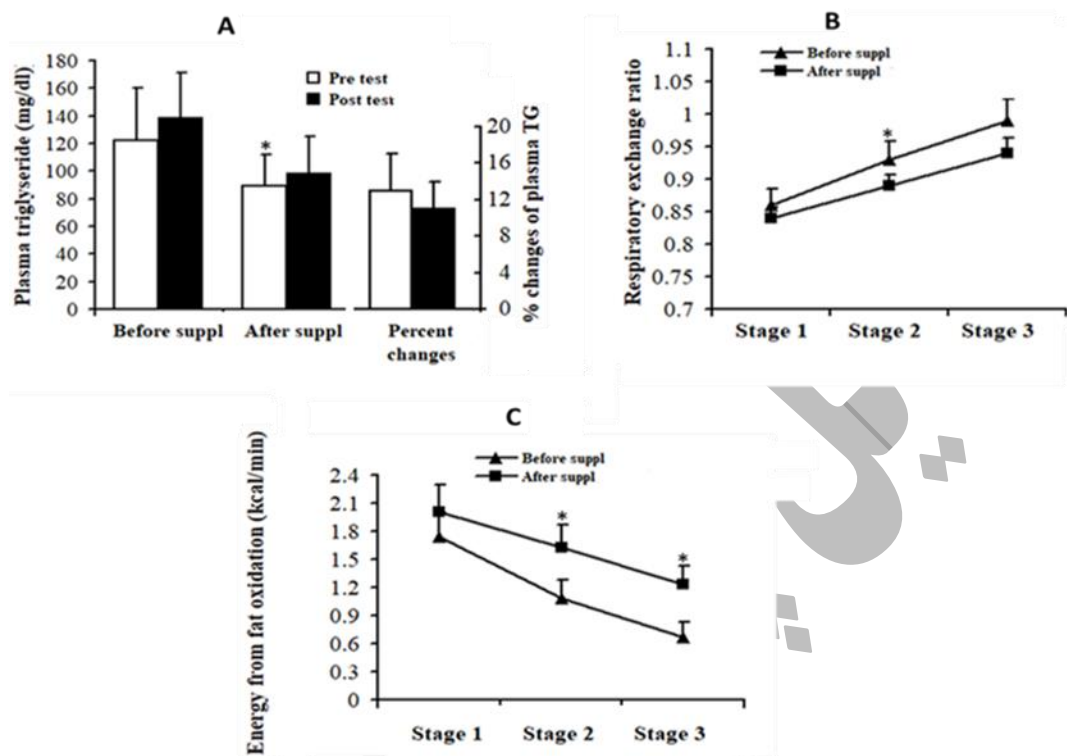


Figure 1. Plasma triglyceride levels and its changes during incremental exercise test before and after 21 days of supplementation (A), RER values (B), and fat oxidation contribution to total energy expenditure of exercise (C) calculated within final 30 seconds of each stage of incremental exercise test performed before and after supplementation, values are mean $\pm$ SD (N = 11), * significant difference $P < 0.05$, supplementation (suppl).

Conclusion

The present study demonstrated that 21 days of taurine supplementation in obese women improved fat oxidation during rest and exercise and reduced plasma triglyceride levels. This result is likely due to changes in lipoprotein and free cholesterol profiles following taurine supplementation (10). Moreover, low-density lipoprotein concentrations have also been reported to be reduced after taurine supplementation (11). However, TG changes during the incremental test were not significantly different. This was probably due to the unsuitable conditions of the incremental test to determine fat burning during exercise, or due to being inactive, the subjects of the present study did not have the ability to burn fat during exercise. Nevertheless, the values of respiratory exchange ratio (RER) significantly decreased during exercise following supplement consumption, indicating the effectiveness of supplement consumption in increasing fat oxidation.

The significant decrease in RER values and the unchanged plasma TG during exercise probably means that the subjects used a fat source other than plasma fat, probably intramuscular triglyceride (IMTG) (12). Additionally, Taurine supplementation increased VO_{max} and time to exhaustion during maximal exercise. However, no significant effects were observed on physiological variables corresponding to AT. Taurine supplementation has been shown to increase functional capacity, myocardial oxygen consumption, and cardiac electrical activity, which may lead to improved

maximal oxygen consumption ($\dot{V}_{O_{2\max}}$). In summery, the findings of the presnt study suggest that taurine may serve as a beneficial supplement for obese individuals by improving fat metabolism and enhancing functional capacity at high exercise intensities. Nevertheless, further research is necessary to investigate the effects of this supplement on submaximal variables and the precise mechanisms underlying its impact on fat metabolism.

Keywords: Taurine Supplementation, Anaerobic Threshold, Obesity, Fat Oxidation

Article Message

Taurine supplementation may be a solution to improve exercise performance and tolerance in obese individuals, who typically exhibit low exercise tolerance capacity.

Ethical Considerations

All participants signed informed consent forms, and the Ethics Committee of Kerman University of Medical Sciences approved the study (IR.VK.REC.۱۴۰۱،۰۱۲).

Conflict of Interest

According to the authors, this article has no conflicts of interest.

Acknowledgments

We sincerely thank all participants who assisted us in conducting this research. The research costs were covered by the authors.



فیزیولوژی ورزشی

Journal homepage: <https://spj.ssric.ac.ir>



نوع مقاله: پژوهشی

اثر مصرف حاد مکمل تائورین بر اکسیداسیون چربی و آستانه تنفسی در زنان چاق ۲۵-۴۵ سال

فاطمه حسن آبادی^۱، روح الله نیکویی^۲ , محسن امینایی^۳

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

۲. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

۳. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۱۱، تاریخ اصلاح: ۱۴۰۳/۱۱/۱۸، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۳

* Corresponding Author: Rohollah Nikooie, Tel: +۹۸ ۳۴۱ ۲۸۱۱۰۰۱-۲, E-mail: r_nikooie@uk.ac.ir,

How to Cite: Hassanabadi, F; Nikooie, R; Aminaei, M. (۲۰۲۴). The Effect of Taurine Supplementation on Lipid Oxidation and Anaerobic Threshold in Obese Women Aged ۲۵-۴۵. *Sport Physiology*, ۱۶(۶۳), ۳۱-۴۸. In Persian.

چکیده

هدف پژوهش حاضر، بررسی اثر مصرف مکمل تائورین بر اکسیداسیون چربی و متغیرهای فیزیولوژیک معادل با آستانه بی‌هوازی در زنان چاق ۲۵-۴۵ ساله بود. در این مطالعه، ۱۱ زن چاق ($BMI = 33.1 \pm 3.2$) به طور هدفمند انتخاب و یک آزمون فزاینده استاندارد را قبل و بعد از مصرف ۲۱ روزه مکمل تائورین (50 mg/kg) انجام دادند. نمونه‌های خونی قبل و بعد از هر آزمون فزاینده و پارامترهای تنفسی در تمامی طول آزمون فزاینده، به صورت نفس به نفس اندازه‌گیری شد. برای تعیین آستانه بی‌هوازی، از شکست ناگهانی در نمودار معادل تهویه‌ای اکسیژن (VE/VO_2) استفاده شد. اکسیداسیون چربی با اندازه‌گیری نسبت تبادل تنفسی (RER)، میزان سوخت چربی در حین تمرین و سطوح تری‌گلیسرید (TG) پلاسما در انتهای آزمون فزاینده تعیین شد و با آزمون t زوجی و آزمون تحلیل واریانس مکرر بین کوشش‌ها مقایسه شد. نتایج تحلیل واریانس مکرر نشان داد، ۲۱ روز مصرف مکمل تائورین باعث کاهش معنادار سطوح TG استراحت، مقادیر RER و میزان سوخت چربی در حین آزمون فزاینده (همه $P < 0.05$) نسبت به قبل از مصرف مکمل شد؛ با وجود این، نتایج آزمون t زوجی نشان داد که مصرف این مکمل بر اکسیژن مصرفی و ضربان قلب معادل با آستانه تنفسی حین تمرین فزاینده استاندارد در زنان چاق اثر معناداری ندارد. به طور خلاصه، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که مصرف مکمل تائورین با افزایش اکسیداسیون چربی در حین استراحت و تمرین همراه است، اما این امر به بهبود عملکرد استقامتی در سطح آستانه بی‌هوازی منجر نمی‌شود.

واژگان کلیدی: مکمل تائورین، آستانه بی‌هوازی، چاقی، اکسیداسیون چربی.



Copyright: © ۲۰۲۳ by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

مقدمه

چاقی نوعی اختلال متابولیک است که میزان شیوع آن در سراسر جهان به طور چشمگیری زیاد است. چاقی رابطه مستقیمی با افزایش چربی خون و قند خون و ایجاد دیابت نوع دو دارد (۱، ۱۵). طبق مطالعات پیشین، چاقی با سطح غیرطبیعی نیمرخ چربی، شاخص‌های قندخون و عوامل التهابی ناشی از چربی همراه است (۲، ۱۵). افزایش بافت چربی با ازدیاد ترشح سایتوکین‌ها باعث ایجاد مقاومت به انسولین در بافت چربی، عضلات، افزایش میزان پروتئین واکنش‌پذیر C با حساسیت زیاد و بسیاری از بیماری‌های قلبی-عروقی می‌شود (۱۶).

بخشی از علل وقوع چاقی مربوط به اختلالات متابولیک در افراد چاق است که به واسطه نقص یا افزایش غیرمعمول در حد واسط متابولیک در بدن اتفاق می‌افتد. تائورین یک اسید آمینه حاوی گوگرد است که از متابولیسم سیستمیستئین حاصل می‌شود. این اسید آمینه حدود سه درصد از استخر اسید آمینه آزاد در پلاسما و حدود ۲۰ تا ۵۵ درصد از تخریب اسید آمینه در بافت‌های مختلف مانند کبد، کلیه، عضله و مغز را تشکیل می‌دهد (۱۷). تائورین در فرایندهای نظیر تنظیم متابولیسم گلوکز و چربیها، تعدیل التهاب و واکنش‌های آنتی‌اکسیدانی و تعدیل عصبی نقش ایفا می‌کند (۳، ۴). این مکمل اثر درخورتوجهی نیز بر اکسیداسیون چربی دارد و مقاومت به انسولین و اختلال عملکرد سلول‌های β مرتبط با چاقی و دیابت نوع ۲ را بهبود می‌بخشد (۵). مصرف حاد این مکمل در حیوان می‌تواند با افزایش بیان ژن‌های نظیر اسیل کوآ اکسیداز^۱، اسیل کوآ سنتاز^۲ و اسیل کوآ هیدروژناز^۳ موجب افزایش اکسیداسیون چربی و مصرف انرژی شود و به تبع آن کاهش اندازه بافت چربی را فراهم آورد (۱۸). در مطالعات انسانی نیز تائورین باعث افزایش اکسیداسیون چربی در طول فعالیت طولانی مدت زیر بیشینه در دوچرخه‌سواران و شناگران استقامتی می‌شود (۱۹، ۶). همچنین عملکرد پرش و زمان تا خستگی را در ورزشکاران بهبود می‌بخشد (۲۰). تائورین می‌تواند عمل تسهیل اکسیداسیون چربی را از طریق افزایش بیان ژن آنزیم‌های گیرنده α فعال شده با تکثیر پراکسی زوم^۴ (α PPAR)، گیرنده‌های فعال پراکسی زوم^۵ (γ PPAR) و پروتئین هم‌فعال کننده یک آلفا^۱ (α)-(PGC) به عنوان مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های اکسیداسیون چربی انجام دهد (۲۱). در زمینه اثرات مزمن مصرف مکمل هم شواهدی وجود دارد؛ مبنی بر اینکه تائورین با تأثیری که بر بیان ژن‌های میتوکندریایی مرتبط با اکسیداسیون چربی می‌گذارد، باعث بهبود متابولیسم چربی در افراد چاق در حالت استراحت می‌شود (۲۲).

آستانه بی‌هوازی^۶ (AT) به عنوان شدت کار یا میزان اکسیژن مصرفی (VO_2) تعریف می‌شود که در آن تغییر متابولیسم از هوازی به بی‌هوازی اتفاق می‌افتد و معمولاً با افزایش ناگهانی در میزان لاکتات خون و با تغییرات در تبادل گازهای تنفسی همراه است (۸). این شاخص معمولاً با سطح آمادگی هوازی و عملکرد استقامتی فرد رابطه مستقیم دارد. شواهدی وجود دارد که افراد چاق در مقایسه با افراد عادی معمولاً آستانه بی‌هوازی را در شدت‌های پایین‌تری از تمرین تجربه می‌کنند؛ به

۱. Acyl-CoA Oxidase

۲. Acyl-CoA Synthase

۳. Acyl CoA Hydrogenation

۴. Peroxisom Proliferatory-Activated Receptor α (α PPAR)

۵. Peroxisom Proliferatory-Activated Receptors γ (γ PPAR)

۶. Gamma Coactivatore^۱- α

۷. Anaerobic Threshold (AT)

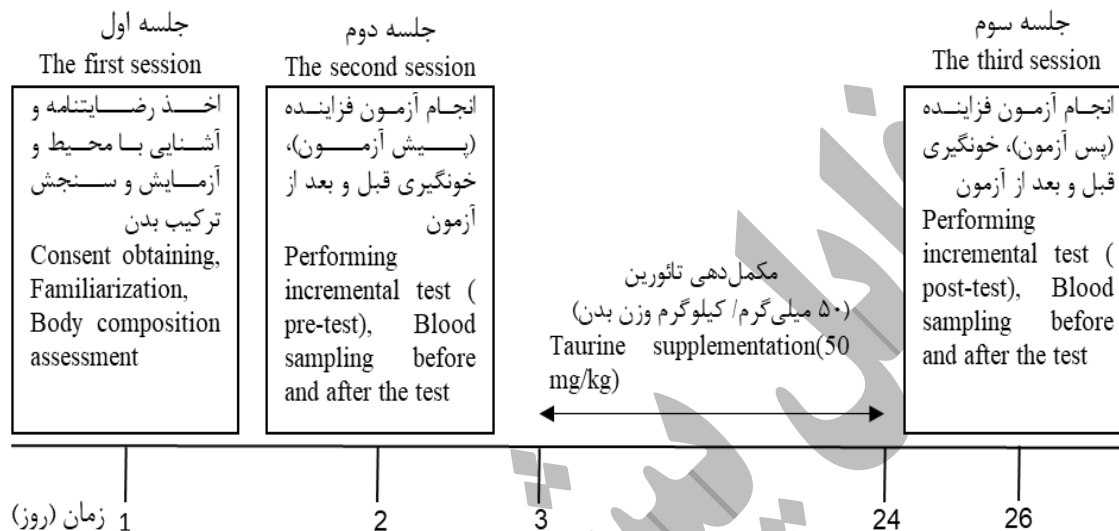
عنوان مثال، نشان داده شده است که اکسیژن مصرفی معادل با آستانه بی‌هوای در افراد چاق به طور درخور توجهی کمتر از افراد عادی است و همبستگی منفی بین مقدار AT و BMI در افراد چاق وجود دارد (۷). همچنین شواهدی مبنی بر پایین‌تر بودن شدت معادل با آستانه بی‌هوای در افراد چاق در مقایسه با افراد سالم وجود دارد که معمولاً با سطوح پایین‌تری از مقادیر نسبی نبض اکسیژن^۱ در این افراد همراه است (۲۳). مطالعه دیگر نشان می‌دهد که پایین‌تر بودن مقادیر آستانه بی‌هوای در افراد چاق به دلیل بالاتر بودن مقادیر BMI در این افراد است و با افزایش مقادیر BMI مقادیر آستانه کاهش می‌یابد (۷).

به‌رغم فواید مفید اسید آمینه تائورین در متابولیسم اسیدهای چرب و کاهش وزن، سطوح این اسید آمینه در افراد چاق نسبت به افراد عادی پایین‌تر است (۲۴). این پایین‌تر بودن سطوح تائورین در افراد چاق با کاهش در مصرف انرژی کل و کاهش میزان اکسیداسیون چربی در این افراد همراه است (۱۵)؛ لذا این احتمال وجود دارد که مکمل‌دهی تائورین بتواند با جبران نقصان اولیه این اسید آمینه به اکسیداسیون بیشتر چربی در این افراد کمک کند. همچنین معمولاً وقوع آستانه بی‌هوای به دلیل تغییر در سوبسترای مصرفی از چربی به کربوهیدرات اتفاق می‌افتد (۲۶) و این احتمال وجود دارد که مقادیر پایین‌تر آستانه بی‌هوای در افراد چاق به دلیل کاهش توانایی آن‌ها در اکسیداسیون چربی و اتکای بیشتر و سریع‌تر به کربوهیدرات باشد؛ لذا این احتمال نیز وجود دارد که بتوان با مکمل‌دهی تائورین و افزایش احتمالی اکسیداسیون چربی، وقوع آستانه بی‌هوای را در افراد چاق به تأخیر انداخت؛ هرچند این موضوع مهم هنوز بررسی نشده است؛ بنابراین هدف این پژوهش، در وهله اول تعیین اثر مکمل‌دهی تائورین بر میزان اکسیداسیون چربی در افراد چاق بود و هدف دوم این بود که آیا این اثرات احتمالی می‌تواند سبب بهبود آستانه بی‌هوای شود یا خیر.

روش پژوهش

آزمودنی‌ها: طرح پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی بود که با روش پیش‌آزمون و پس‌آزمون با اندازه‌گیری مکرر انجام شد. نمونه آماری تحقیق، ۱۵ زن چاق شهر کرمان با دامنه سنی ۲۵-۴۵ سال بودند که به طور هدفمند و در دسترس انتخاب شدند. معیارهای ورود به پژوهش شامل سالم بودن، نداشتن اختلال در چرخه قاعدگی، مبتلانی بودن به بیماری، مصرف نکردن دارو یا مکمل ورزشی حداقل تا دو ماه پیش از انجام پژوهش و داشتن BMI بیشتر از ۳۱ بود. هر آزمودنی در سه جلسه مجزا در پژوهش شرکت کرد. جلسه اول شامل دریافت رضایت‌نامه، سنجش ترکیب بدن با دستگاه ترکیب بدن (مدل ZEUS ۹.۹ PLUS، ساخت کشور آلمان) و آشنایی با نحوه اجرای آزمون فزاینده استاندارد بود. جلسه دوم شامل انجام آزمون فزاینده ۲۴ ساعت قبل از آغاز دوره مکمل‌دهی و بعد از آن که آزمودنی‌ها یک آزمون فزاینده را انجام دادند، نمونه خونی ۱۵ دقیقه قبل و بلافاصله بعد از اتمام آزمون فزاینده جمع‌آوری شد. این جلسه، پیش‌آزمون در نظر گرفته شد. جلسه سوم شامل تکرار دقیق جلسه دوم ۴۸ ساعت بعد از آخرین روز مصرف مکمل بود که پس‌آزمون در نظر گرفته شد. تنها یازده آزمودنی تمامی مراحل پژوهش را طی کردند و داده‌ها/اطلاعات آماری آن‌ها ارزیابی شد. شکل (۱) فلوچارت پژوهش را نشان می‌دهد. تمامی آزمودنی‌ها رضایت‌نامه را امضا کردند و کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی کرمان نیز پژوهش را

تأیید کرد (IR.VK.REC.۱۴۰۱.۰۱۲). تا حد امکان سعی بر این بود که انجام آزمون برای تمامی شرکت کنندگان در روز ۲۱ از فاز لوتال انجام شود.



شکل ۱- فلوچارت تحقیق

Figure 1- Study design

نحوه انجام آزمون فزاینده: آزمون فزاینده استاندارد روی چرخ ارگومتر مونارک مدل E-۸۳۹ ساخت کشور سوئد انجام شد. آزمودنی‌ها در خلال انجام آزمون فزاینده از طریق ماسک دوطرفه با مقاومت و فضای مرده اندک (۴۰ میلی‌لیتر) تنفس کردند و گازهای تنفسی در تمامی طول آزمون فزاینده به وسیله دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی مدل کورتکس ساخت کشور آلمان به طور نفیس به نفیس اندازه‌گیری شد. عمل کالیبره کردن دستگاه با استفاده از سیلندرهای محتوی گاز رفرنس و هوای محیط برای هر آزمودنی انجام شد و پارامترهای گازی مدنظر شامل VE/VCO_2 , VE/VO_2 , VCO_2 , VO_2 در خلال آزمون فزاینده به طور نفیس به نفیس اندازه‌گیری شد (۲۷). آزمودنی‌ها ابتدا به مدت ۱ دقیقه، با بار کاری ۵۰ وات مرحله گرم کردن را انجام دادند و بعد از آن بار کاری هر سه دقیقه به میزان ۲۵ وات افزایش یافت. آن‌ها این عمل را تا وقوع VO_{2max} ادامه دادند. آزمودنی‌ها به طور شفاهی تشویق شدند تا آزمون فزاینده را تا جایی که امکان داشت، ادامه دادند (۲۱). وقوع VO_{2max} در این پژوهش براساس دستیابی به دو فاکتور از سه شاخص زیر تعریف شد: ۱. حالت فلات در VO_2 با وجود افزایش در مقاومت (افزایش کمتر از ۵۰ میلی لیتر)؛ ۲. نسبت تبادل تنفسی بیشتر از یک و پانزده صدم؛ ۳. رسیدن ضربان قلب به ± 5 مقادیر پیش‌بینی شده براساس سن (سن-۲۲۰).

برای یکسان‌سازی نسبی وضعیت تغذیه آزمودنی‌های تحقیق، به شرکت کنندگان توصیه شد که در شب قبل از انجام آزمون فزاینده از غذای پروتئینی استفاده کنند. در روز آزمون نیز هر شرکت‌کننده صبحانه‌ای به اندازه ۳۰۰ کالری که عمدتاً پروتئینی (ساندویچ مرغ) بود و محققان آماده کرده بودند، دو ساعت قبل از آزمون فزاینده مصرف کردند.

نحوه تعیین آستانه بی‌هوازی: برای تعیین آستانه بی‌هوازی، از نمودار معادل تهویه‌ای اکسیژن (VO_2/VE) استفاده شد. در ابتدا نمودار VO_2/VE به بار کاری رسم شد و نقطه‌ای که در آن معادله تهویه‌ای اکسیژن دچار شکست ناگهانی شد، بدون اینکه با شکست هم‌زمان در منحنی VCO_2/VE همراه باشد، به عنوان آستانه بی‌هوازی تعریف شد (۲۸). تعیین نقطه شکست با استفاده از مدل رگرسیونی و تعیین نقاط عطف منحنی به طور خودکار توسط نرم‌افزار دستگاه گاز آنالیز انجام شد. پس از تعیین این نقطه، ضربان قلب و اکسیژن مصرفی معادل با این نقطه استخراج شد و برای تجزیه و تحلیل‌های بعدی استفاده شد.

مصرف مکمل: مصرف مکمل تائورین به میزان ۵۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن، در قالب کپسول خوراکی، در هر روز انجام شد (۲۹). داوطلبان هر روز یک کپسول و در کل به مدت ۲۱ روز مصرف کردند. آزمون فزاینده استاندارد یک روز قبل از شروع مکمل‌رسانی و ۴۸ ساعت بعد از آن آخرین روز مکمل‌دهی انجام شد.

نحوه تعیین اکسیداسیون چربی: در پژوهش حاضر برای تعیین اکسیداسیون چربی از سه شاخص تغییرات تری‌گلیسرید پلازما (TG)، پلازما، مقادیر RER و مقادیر انرژی تولیدی حاصل از چربی در حین تمرین استفاده شد. سطوح TG پلازما ۱۵ دقیقه قبل از اجرای آزمون فزاینده و بلافاصله بعد از اتمام آن اندازه‌گیری شد و تغییرات آن قبل و بعد از اجرای آزمون فزاینده محاسبه شد و بین کوشش‌های قبل و بعد از مصرف مکمل با هم مقایسه شد. همچنین مقادیر این فاکتور قبل از اجرای آزمون فزاینده، بین کوشش‌های قبل و بعد از مصرف مکمل مقایسه شد و به عنوان اثر مکمل دهی بر سطوح استراحت TG استفاده شد. میانگین مقادیر RER نیز در ۳۰ ثانیه انتهایی از هر مرحله محاسبه شد و بین کوشش‌های قبل و بعد از مصرف مکمل با هم مقایسه شد. برای محاسبه میزان سوخت چربی در حین تمرین نیز ابتدا میزان مصرف اکسیژن در ۳۰ ثانیه انتهایی از هر مرحله تعیین شد. سپس میزان کالری مصرفی معادل با آن محاسبه شد. پس از آن، سهم نسبی مصرف چربی با استفاده از مقادیر RER و با استفاده از جداول کالری‌سنجی موجود تعیین شد و در کالری کل مصرفی معادل با ۳۰ ثانیه انتهایی هر مرحله ضرب شد. شایان ذکر است که انجام این محاسبات تنها تا جایی که RER تمرین از ۱ پایین‌تر بود، انجام شد؛ چراکه تخمین اکسیداسیون چربی با استفاده از جداول کالری‌سنجی تنها تا RER ۱ معتبر است.

نحوه جمع‌آوری نمونه‌های خونی: قبل از انجام آزمون فزاینده و همچنین بلافاصله بعد از انجام آزمون فزاینده، نمونه خونی از ورید بازویی آنتی‌کوبیتال به مقدار ۵ میلی‌لیتر گرفته شد. نمونه خونی در لوله‌هایی که حاوی ژل مخصوص برای جداسازی سرم بود، نگهداری شد و به آزمایشگاه منتقل شد. جداسازی پلازما به مدت ۱۵ دقیقه با سانتریفیوژ در ۳۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد و در نهایت در دمای منفی ۸۰ درجه سانتی‌گراد برای اندازه‌گیری TG با کیت شرکت پارس آزمون با دقت اندازه‌گیری ۶ میلی‌گرم در دسی‌لیتر نگهداری شد. نمونه‌گیری خونی قبل و بعد از آزمون فزاینده، پس از مصرف مکمل نیز جمع‌آوری شد.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها: برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. برای مقایسه متغیرهای معادل با آستانه بی‌هوازی بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون از آزمون آماری t زوجی و به منظور مقایسه سطوح TG و RER از تحلیل واریانس مکرر استفاده شد. تمامی مقایسه‌ها در سطح $\alpha=0.05$ انجام شد و از آزمون تعقیبی بونفرونی برای

مقایسه‌های دوگانه در آزمون تحلیل واریانس مکرر استفاده شد. تمام عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ اجرا شد.

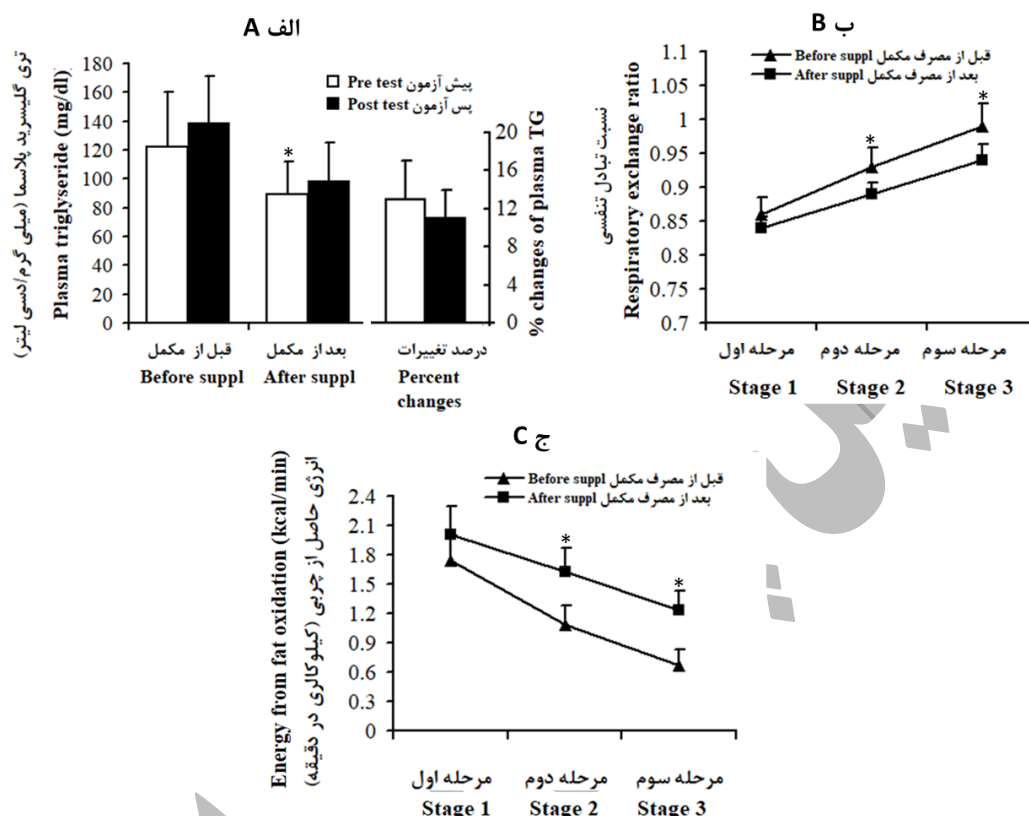
نتایج

میانگین و انحراف معیار برخی از متغیرهای آنتروپومتریک آزمودنی‌های پژوهش در جدول (۱) گزارش شده است. جدول ۱- میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای آنتروپومتریک آزمودنی‌های پژوهش (n=۱۱)

Table ۱- Mean and standard division of anthropometric variables of study subjects (n=۱۱)

متغیرها Variables	میانگین $\pm$ انحراف معیار Mean $\pm$ SD
سن (سال) Age (year)	34.53 ± 6.32
قد (سانتی‌متر) Height (cm)	157.47 ± 3.87
وزن (کیلوگرم) Weight (kg)	82.17 ± 9.21
شاخص توده بدن (کیلوگرم/مترمربع) Body mass index (kg/m ²)	33.12 ± 3.23
درصد چربی بدن Percent body fat	40.19 ± 2.05

شکل (۲) میزان تغییرات TG پلاسما در حین تمرین و استراحت و مقادیر RER ثبت‌شده در حین تمرین را قبل و بعد از مصرف مکمل نشان می‌دهد. ۲۱ روز مصرف مکمل تأثیرین سطوح استراحتی TG پلاسما را به میزان ۲۶ درصد کاهش داد ($P < 0.01$). مقادیر پلاسمایی TG در انتهای آزمون فزاینده، بعد از مصرف مکمل نسبت به قبل از آن به طور معناداری پایین‌تر بود ($P < 0.01$)؛ اما میزان تغییرات سطوح پلاسمایی TG در حین آزمون فزاینده، بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون معنادار نبود. مصرف ۲۱ روزه مکمل تأثیرین مقادیر RER در ۳۰ ثانیه انتهای از هر مرحله آزمون فزاینده را نسبت به مقادیر آن قبل از مصرف مکمل، به طور معناداری کاهش داد ($P < 0.05$). همچنین میزان مصرف چربی، انرژی حاصل از سوخت چربی، در حین تمرین در ۳۰ ثانیه انتهایی از هر مرحله آزمون فزاینده نسبت به مقادیر آن قبل از مصرف مکمل، به طور معناداری افزایش داشت ($P < 0.05$).



شکل ۲- سطوح پلاسمایی TG و تغییرات این شاخص در خلال آزمون فزاینده استاندارد قبل و بعد از مصرف ۲۱ روزه مکمل (الف)، مقادیر RER (ب) و مقادیر انرژی حاصل از اکسیداسیون چربی محاسبه شده در ۳۰ ثانیه انتهایی از سه مرحله اول از آزمون فزاینده انجام شده در قبل و بعد از مصرف مکمل (داده‌ها، میانگین $\pm$ انحراف معیار ۱۱ آزمودنی است، * اختلاف معنادار $P < 0.05$)

Figure ۲- Plasma triglyceride levels and its changes during incremental exercise test before and after ۲۱ days of supplementation (A), RER values (B), and fat oxidation contribution to total energy expenditure of exercise (C) calculated within final ۳۰ seconds of each stage of incremental exercise test performed before and after supplementation (Values are mean $\pm$ SD (N = ۱۱), * significant difference $P < 0.05$, supplementation (suppl))

مقادیر حداکثر اکسیژن مصرفی و ضربان قلب و مقادیر معادل آن‌ها با آستانه بی‌هوازی در تمرین فزاینده، در جدول (۲) گزارش شده است. متعاقب مصرف مکمل تائورین، مقادیر اکسیژن مصرفی معادل با آستانه تنفسی ($P=0.51$) و ضربان قلب معادل با آستانه تنفسی ($P<0.43$) تغییر معناداری نسبت به قبل از مصرف مکمل نداشتند.

جدول ۲- اکسیژن مصرفی و ضربان قلب معادل با آستانه بی‌هوازی و مقادیر بیشینه آن‌ها در حین آزمون فزاینده (داده‌ها میانگین $\pm$ انحراف معیار ۱۱ آزمودنی است، * اختلاف معنادار با مقادیر قبل از مصرف مکمل $P < 0.05$)

Table ۲- Oxygen consumption and heart rate corresponding to anaerobic threshold and their maximal values during incremental exercise test
(Values are mean and SD of ۱۱ subjects. *Significant difference with the values after supplementation ($P < 0.05$))

متغیر Variable	قبل از مصرف مکمل Before suppl	بعد از مصرف مکمل After suppl
اکسیژن مصرفی معادل آستانه تنفسی (میلی لیتر در کیلوگرم در دقیقه) $VO_r @ VT$ (ml/kg/min)	$11,27 \pm 2,75$	$12,67 \pm 3,42$
ضربان قلب معادل با آستانه تنفسی (ضربه در دقیقه) $HR @ VT$ (beat/min)	$134,47 \pm 17,81$	$139,07 \pm 19,51$
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر در کیلوگرم در دقیقه) VO_{rmax} (ml/kg/min)	$16,20 \pm 5,30$	$19,20 \pm 4,20^*$
زمان رسیدن به واماندگی در آزمون فزاینده (ثانیه) Time to exhaustion (S)	531 ± 154	$573 \pm 158^*$
ضربان قلب بیشینه (ضربه در دقیقه) HR_{max} (beat/min)	179 ± 11	182 ± 13

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف تعیین تأثیر مکمل‌دهی تائورین بر اکسیداسیون چربی و متغیرهای معادل با آستانه بی‌هوازی در زنان چاق انجام شد. مهم‌ترین نتیجه پژوهش این بود که مصرف مکمل تائورین باعث بهبود اکسیداسیون چربی در حین استراحت و تمرین می‌شود و این عمل با بهبود متغیرها تمرینی بیشینه نظیر حداکثر اکسیژن مصرفی و زمان رسیدن به واماندگی همراه است؛ با وجود این، مصرف این مکمل بر متغیرهای فیزیولوژیک معادل با آستانه تنفسی بدون تأثیر است و اثرات مثبت آن بر اکسیداسیون چربی به بهبود عملکرد -حداقل در سطح آستانه بی‌هوازی- ختم نمی‌شود. در پژوهش حاضر به‌منظور مکمل‌دهی تائورین از تجویز خوراکی این مکمل به میزان ۵۰ میلی‌گرم در ازای هر کیلوگرم وزن بدن به مدت ۲۱ روز استفاده شد. این روش مکمل‌دهی این اسیدآمین، به طور معمول مکمل‌دهی حاد محسوب می‌شود و

پروتکلی است که به دفعات در ادبیات برای این مکمل استفاده شده است (۳۲-۳۰، ۲۲). در پژوهش حاضر به دلیل محدودیت‌های موجود، سطوح پلاسمایی تائورین قبل و بعد از مرحله مکمل‌دهی اندازه‌گیری نشد که بتوان به طور مستقیم درباره اثربخش بودن مکمل‌دهی صحبت کرد، اما تحقیقات پیشین که از این نوع مکمل‌دهی استفاده کرده‌اند، افزایش مؤثر سطوح تائورین را متعاقب مکمل‌دهی گزارش کرده‌اند (۳۳، ۳۱، ۳۰)؛ بنابراین می‌توان استنباط کرد که به احتمال زیاد سطوح تائورین در پژوهش حاضر نیز دستخوش تغییر مثبت شده است.

اولین یافته این پژوهش این بود که مصرف ۲۱ روز مکمل تائورین باعث کاهش معنادار سطوح TG پلاسما در استراحت و در حین تمرین فزاینده استاندارد می‌شود. این یافته با نتایج تحقیقات پیشین که کاهش سطوح کلسترول تام و TG را در موش‌های صحرایی (۳۵، ۳۴) و کاهش معنادار LDL، لپتین، کلسترول تام و TG را در نمونه‌های انسانی (۳۶، ۱۱، ۱۰) متعاقب مصرف این مکمل گزارش کردند، همسوست. این نتیجه که این مکمل سطوح استراحتی TG در افراد چاق را حتی در حالت استراحت در پژوهش حاضر تغییر داد، نتیجه درخور توجهی بود. دلیل این نتیجه به احتمال زیاد تغییراتی است که در پروفایل لیپوپروتئین‌ها و کلسترول آزاد متعاقب مصرف مکمل تائورین ایجاد می‌شود. نشان داده شده است، افرادی با سطوح بالاتر تائورین، سطح کلسترول پلاسما و نسبت کلسترول کل / کلسترول HDL کمتری دارند (۱۰). همچنین گزارش شده است که پس از مصرف تائورین، غلظت لیپوپروتئین کم‌چگال نسبت به گروه دارونما کاهش می‌یابد (۱۱). از آنجاکه LDL وظیفه انتقال TG از کبد به بافت‌های پیرامونی برای مصرف را دارد، بخشی از کاهش TG بعد از مصرف مکمل می‌تواند با تغییرات این لیپوپروتئین تفسیر شود. با توجه به اثرات مثبت مصرف مکمل بر کاهش سطوح TG پلاسمای استراحت، انتظار می‌رفت که میزان کاهش TG بعد از مصرف مکمل در حین تمرین نیز بیشتر از قبل از مصرف مکمل باشد؛ با وجود این، تغییرات TG در حین آزمون فزاینده بین قبل و بعد از مصرف مکمل تفاوت نداشت. دلیل این نتیجه از دو دیدگاه قابل‌بحث است: دیدگاه اول این است که احتمالاً شرایط آزمون فزاینده اجراشده در پژوهش حاضر، شرایط مناسبی برای بررسی سوزاندن چربی و به تبع آن کاهش TG نباشد. در این آزمون، بار کاری به طور مداوم افزایش یافت و اندازه‌گیری TG پلاسما نیز در پژوهش حاضر در انتهای آزمون فزاینده اندازه‌گیری شد که شدت فعالیت بیشینه و مناسب چربی سوزی نیست؛ با وجود این، چون پژوهش حاضر، هدف سنجش تأثیر مکمل بر آستانه بی‌هوازی را نیز دنبال می‌کرد، استفاده از آزمون فزاینده در پژوهش حاضر اجباری بود که بتوان آستانه بی‌هوازی را تعیین کرد؛ از این‌رو برای رفع این ابهام، به محققان بعدی، انجام پژوهش مشابه و اندازه‌گیری سطوح FFA و TG در خلال یک آزمون زیربیشینه طولانی‌مدت با شدت متوسط پیشنهاد می‌شود؛ دیدگاه دوم این است که آزمودنی‌های پژوهش حاضر هم چاق و هم غیرفعال بودند؛ لذا این احتمال وجود دارد که مصرف مکمل اسباب آماده کردن سوخت بیشتر چربی را فراهم آورده باشد، اما آزمودنی‌های پژوهش حاضر توان و ظرفیت سوزاندن چربی بیشتر را نداشتند؛ چراکه به طور معمول افراد چاق ظرفیت کمی در سوزاندن چربی دارند؛ بنابراین برای معلوم شدن این احتمال، بررسی اثربخشی مکمل بر اکسیداسیون چربی هم‌زمان با اعمال یک دوره تمرینی به محققان بعدی پیشنهاد می‌شود.

به‌منظور رفع محدودیت اندازه‌گیری TG برای برآورد اکسیداسیون چربی در پژوهش حاضر، مقادیر میانگین RER در ۳۰ ثانیه انتهایی هر مرحله قبل و بعد از مصرف مکمل با هم مقایسه شد. نتایج حاکی از ثبت مقادیر کمتر RER در کوشش بعد از مصرف مکمل نسبت به قبل از مصرف مکمل بود. به دلیل اینکه مقادیر RER بیشتر از ۱ (جایی که سوخت به صورت

تمام از کربوهیدرات تأمین می شود) نمی توانست اطلاعاتی درباره سهم چربی سوزی ارائه دهد، این تحلیل و مقایسه تنها تا جایی که مقادیر RER نزدیک به ۱ می شد، انجام شد. نتایج حاکی از افزایش اکسیداسیون چربی در حین تمرین و بعد از مصرف مکمل بود. اینکه مقادیر RER در پژوهش حاضر بعد از مصرف مکمل در حین تمرین کاهش را نشان می دهد، اما سطوح TG پلاسما بدون تغییر است، می تواند به این معنی باشد که احتمالاً منبع چربی استفاده شده در آزمون فزاینده پژوهش حاضر منبعی غیر از TG پلاسما است. در تأثیر این مطلب نشان داده شده است که افراد چاق به رغم داشتن ظرفیت چربی سوزی کل، توانایی بیشتری در سوزاندن چربی درون عضلانی^۱ دارند (۱۲)؛ زیرا معمولاً افراد چاق به دلیل اینکه چربی سوزی پیرامونی در آن ها دچار اختلال می شود، اتکای بیشتری به سوزاندن چربی درون عضلانی در حین تمرین و استراحت دارند (۱۲).

همچنین در پژوهش حاضر فرضیه ای مبنی بر اثر احتمالی مصرف مکمل تائورین بر وقوع آستانه بی هوازی و متغیرهای فیزیولوژیک معادل با آن توسعه یافت. دلیل آزمون کردن این فرضیه این بود که آیا اثرات احتمالی مصرف مکمل بر اکسیداسیون چربی می تواند وقوع آستانه را به تأخیر بیندازد یا خیر؛ به عبارت دیگر، آیا مصرف مکمل تائورین می تواند سبب افزایش ظرفیت عملکردی و تحمل فشار تمرینی بیشتر در افراد چاق شود یا خیر؟ نتایج حاکی از این بود که اثر معناداری پس از مکمل دهی تائورین بر ضربان قلب و اکسیژن مصرفی معادل با آستانه بی هوازی حین تمرین فزاینده استاندارد در زنان چاق وجود ندارد، اما حداکثر اکسیژن مصرفی و زمان رسیدن به واماندگی در این افراد افزایش می یابد. نتایج پژوهش حاضر با سایر تحقیقات که گزارش کردند، شش گرم مکمل تائورین در روز (به مدت هفت روز) به طور درخور توجهی زمان خستگی، حداکثر بار کاری و حداکثر جذب اکسیژن (VO₂max) را افزایش می دهد، هم راستا بود (۱۴-۱۲). نشان داده شده است که مکمل تائورین ظرفیت عملکردی، مصرف اکسیژن میوکارد و فعالیت الکتریکی قلب را افزایش می دهد. بهبود این عوامل فیزیولوژیک می تواند به طور قوی برون ده قلبی به عنوان یکی از ارکان اصلی در معادله حداکثر اکسیژن مصرفی (معادله فیک) را افزایش دهد و موجب بهبود مقادیر بیشتر حداکثر اکسیژن مصرفی و زمان رسیدن به خستگی در پژوهش حاضر را فراهم آورد؛ با وجود این، مصرف مکمل بر شاخص های معادل با آستانه بی هوازی اثرگذار نبود. نتایج مشابه با این یافته در تحقیقات گذشته نیز گزارش شده است. تحقیقاتی وجود دارند که فقدان اثرگذاری مکمل بر شاخص های عملکردی زیربیشینه نظیر عملکرد قلبی-عروقی در حیوان (۳۷) و مدت زمان اجرای یک فعالیت زیربیشینه در انسان (۲۷) را گزارش کرده اند. اینکه مصرف مکمل بر شاخص های عملکردی زیربیشینه (آستانه بی هوازی) اثرگذار نبود، اما بر شاخص های عملکردی بیشینه تأثیر مثبت گذاشت، بار دیگر احتمال اثرگذاری مکمل بر سوخت چربی درون عضلانی را قوت می بخشد؛ چراکه استفاده از این منبع انرژی در شدت های زیربیشینه تا بیشینه تمرینی به حداکثر اوج مصرف خود می رسد (۲۸). همچنین این احتمال وجود دارد که مصرف مکمل تائورین علاوه بر اثرگذاری بر متابولیسم چربی، می تواند متابولیسم کربوهیدرات و به ویژه گلیکوژن را که سوخت غالب در شدت های بیشینه و نزدیک به بیشینه است، تحت تأثیر قرار دهد؛ البته داده های پژوهش حاضر برای این نتیجه گیری کافی نیستند و بررسی این موضوع مهم به محققان بعدی پیشنهاد می شود.

۱. Intramuscular Triglyceride

به‌طور کلی، نتیجه پژوهش حاضر این است که مصرف مکمل تائورین می‌تواند سطوح استراحتی تری‌گلیسرید پلاسما و اکسیداسیون چربی (مقادیر RER و میزان سوخت چربی) را در حین تمرین در افراد چاق بهبود بخشد و این اثر باعث افزایش عملکرد در شاخص‌های تمرینی بیشینه در این افراد می‌شود؛ با وجود این، مصرف این مکمل باعث ایجاد تغییر در متغیرهای معادل با آستانه بی‌هوازی نمی‌شود.

پیام مقاله

مصرف مکمل تائورین می‌تواند راه‌حلی برای افزایش عملکرد و تحمل تمرین در افراد چاق باشد که معمولاً ظرفیت پائینی از تحمل فشار تمرین را نشان می‌دهند.

ملاحظات اخلاقی

تمامی آزمودنی‌ها رضایت‌نامه را امضا کردند و کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی کرمان نیز پژوهش را تأیید کرد (IR.VK.REC.۱۴۰۱،۰۱۲).

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از تمام شرکت‌کنندگانی که ما را در انجام این پژوهش یاری کردند، کمال تشکر و سپاس را داریم. هزینه اجرای پژوهش برعهده نویسندگان بود.

منابع

1. Albajy MA, & Mihăilescu DF. Obesity and diabetes mellitus ۲: interrelated relative relationship. Int J Res Rev. ۲۰۲۳;۱۰(۹):۳۲۰-۳۵.
2. Khanna D, Khanna S, Khanna P, Kahar P, Patel BM. Obesity: a chronic low-grade inflammation and its markers. Cureus. ۲۰۲۲;۱۴(۲):e۲۲۷۱۱.
3. Carvalho MBd, Brandao CFC, Fassini PG, Bianco TM, Batitucci G, Galan BSM, et al. Taurine supplementation increases post-exercise lipid oxidation at moderate intensity in fasted healthy males. Nutrients. ۲۰۲۰;۱۲(۵):۱۵۴۰.
4. Wang L, Xie Z, Wu M, Chen Y, Wang X, Li X, Liu F. The role of taurine through endoplasmic reticulum in physiology and pathology. Biochem Pharmacol. ۲۰۲۴; ۲۲:۱۱۶۳۸۶.
5. Ahmed K, Choi HN, Yim JE. The impact of taurine on obesity-induced diabetes mellitus: mechanisms underlying its effect. Endocrinol Metab. ۲۰۲۳;۳۸(۵):۴۸۲.

۶. De Carvalho FG, Barbieri RA, Carvalho MB, Dato CC, Campos EZ, Gobbi RB, et al. Taurine supplementation can increase lipolysis and affect the contribution of energy systems during front crawl maximal effort. *Amino Acids*. ۲۰۱۸;۵۰:۱۸۹-۹۸.
۷. Pandey K, Singh V, Shukla AD, Kumar D. Effect of BMI on Lactate Threshold of Overweight and Obese Individuals in a Population of Eastern UP. *Chairman Ed Board*. ۲۰۱۳;۱(۲):۲۱۷۳.
۸. McClaran SR, Wetter TJ. Low doses of caffeine reduce heart rate during submaximal cycle ergometry. *J Int Soc Sports Nutr*. ۲۰۰۷;۴:۱-۹.
۹. Özdenk Ç, Uğur FA. Effects of exercise at the anaerobic threshold on respiratory quotient in young male subjects. *Kast Med J*. ۲۰۲۱;۱(۱):۹-۱۲.
۱۰. Zulli A, Lau E, Wijaya BP, Jin X, Sutarga K, Schwartz GD, et al. High dietary taurine reduces apoptosis and atherosclerosis in the left main coronary artery: association with reduced CCAAT/enhancer binding protein homologous protein and total plasma homocysteine but not lipidemia. *Hypertension*. ۲۰۰۹;۵۳(۶):۱۰۱۷-۲۲.
۱۱. Matsui S, Maruyama C, Arai H, Hashimoto S, Asakusa T, Yoshida H, et al. Effects of taurine intake on serum lipids in young women. *Funct Foods Health Dis*. ۲۰۱۵;۵(۵):۱۵۵-۶۴.
۱۲. Goodpaster BH, Wolfe RR, Kelley DE. Effects of obesity on substrate utilization during exercise. *Obes Res*. ۲۰۰۲;۱۰(۷):۵۷۵-۸۴.
۱۳. Yatabe Y, Miyakawa S, Miyazaki T, Matsuzaki Y, Ochiai N. Effects of taurine administration in rat skeletal muscles on exercise. *J Orthop Sci*. ۲۰۰۳;۸(۳):۴۱۵-۹.
۱۴. Zhang M, Izumi I, Kagamimori S, Sokejima S, Yamagami T, Liu Z, et al. Role of taurine supplementation to prevent exercise-induced oxidative stress in healthy young men. *Amino Acids*. ۲۰۰۴;۲۶:۲۰۳-۷.
۱۵. Rosa FT, Freitas EC, Deminice R, Jordao AA, Marchini JS. Oxidative stress and inflammation in obesity after taurine supplementation: a double-blind, placebo-controlled study. *Eur J Nutr*. ۲۰۱۴;۵۳:۸۲۳-۳۰.
۱۶. Bianchi VE. Weight loss is a critical factor to reduce inflammation. *Clin Nutr ESPEN*. ۲۰۱۸;۲۸:۲۱-۳۵.
۱۷. Brosnan JT, Brosnan ME. The sulfur-containing amino acids: an overview. *J Nutr*. ۲۰۰۶;۱۳۶(۶):۱۶۳۶S-۴۰S.
۱۸. Tsuboyama-Kasaoka N, Shozawa C, Sano K, Kamei Y, Kasaoka S, Hosokawa Y, et al. Taurine (۲-aminoethanesulfonic acid) deficiency creates a vicious circle promoting obesity. *Endocrinology*. ۲۰۰۶;۱۴۷(۷):۳۲۷۶-۸۴.
۱۹. Rutherford JA, Spriet LL, Stellingwerff T. The effect of acute taurine ingestion on endurance performance and metabolism in well-trained cyclists. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. ۲۰۱۰;۲۰(۴):۳۲۲-۹.
۲۰. Buzdağlı Y, Eyipinar CD, Tekin A, Şıktar E, Zydecka KS. Effect of taurine supplement on aerobic and anaerobic outcomes: Meta-analysis of randomized controlled trials. *Strength Cond J*. ۲۰۲۳; ۱;۴۵(۲):۲۲۸-۴۰.
۲۱. Murakami S. The physiological and pathophysiological roles of taurine in adipose tissue in relation to obesity. *Life Sci*. ۲۰۱۷;۱۸۶:۸۰-۶.
۲۲. De Carvalho FG, Brandao CFC, Batitucci G, de Oliveira Souza A, Ferrari GD, Alberici LC, et al. Taurine supplementation associated with exercise increases mitochondrial activity and fatty acid oxidation gene expression in the subcutaneous white adipose tissue of obese women. *Clin Nutr*. ۲۰۲۱;۴۰(۴):۲۱۸۰-۷.

۲۳. Salvadori A, Fanari P, Fontana M, Buontempi L, Saezza A, Baudo S, et al. Oxygen uptake and cardiac performance in obese and normal subjects during exercise. *Respiration*. ۱۹۹۹;۶۶(۱):۲۵-۳۳.
۲۴. Jeevanandam M, Ramias L, Schiller WR. Altered plasma free amino acid levels in obese traumatized man. *Metabolism*. ۱۹۹۱;۴۰(۴):۳۸۵-۹۰.
۲۵. Rosa FT, Freitas EC, Deminice R, Jordao AA, Marchini JS. Oxidative stress and inflammation in obesity after taurine supplementation: a double-blind, placebo-controlled study. *Eur J Nutr*. ۲۰۱۴;۵۳:۸۲۳-۳۰.
۲۶. Özdenk Ç, Uğur FA. Effects of exercise at the anaerobic threshold on respiratory quotient in young male subjects. *Kast Med J*. ۲۰۲۱;۱(۱):۹-۱۲.
۲۷. Tahmasebi-Abdar Z, Nikooie R, Moflehi D. Synergistic effect of L-carnitine and caffeine supplements on physiological variables corresponding to anaerobic threshold in elite male karate. *J Appl Exerc Physiol*. ۲۰۲۰;۱۶(۳۱):۳۱-۴۴.
۲۸. Pallarés JG, Morán-Navarro R, Ortega JF, Fernández-Elías VE, Mora-Rodríguez R. Validity and reliability of ventilatory and blood lactate thresholds in well-trained cyclists. *PloS one*. ۲۰۱۶;۱۱(۹):e۰۱۶۳۳۸۹.
۲۹. Mero A, Leikas A, Rinkinen N, Huhta P, Hulmi J, Pitkänen H, et al. Effect of strength training session on plasma amino acid concentration following oral ingestion of arginine or taurine in men. *Amino Acids*. ۲۰۰۸;۳۵:۹۹-۱۰۶.
۳۰. Carvalho MBd, Brandao CFC, Fassini PG, Bianco TM, Batitucci G, Galan BSM, et al. Taurine supplementation increases post-exercise lipid oxidation at moderate intensity in fasted healthy males. *Nutrients*. ۲۰۲۰;۱۲(۵):۱۵۴۰.
۳۱. Guan L, Miao P. The effects of taurine supplementation on obesity, blood pressure and lipid profile: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Eur J Pharmacol*. ۲۰۲۰;۸۸۵:۱۷۳۵۳۳.
۳۲. Haidari F, Asadi M, Mohammadi-Asl J, Ahmadi-Angali K. Effect of weight-loss diet combined with taurine supplementation on body composition and some biochemical markers in obese women: A randomized clinical trial. *Amino Acids*. ۲۰۲۰;۵۲:۱۱۱۵-۲۴.
۳۳. Haidari F, Asadi M, Mohammadi-asl J, Ahmadi-angali K. Evaluation of the effect of oral taurine supplementation on levels of fibroblast growth factors, β -Klotho co-receptor, some biochemical indices and body composition in obese women on a weight-loss diet: a study protocol for a double-blind randomized controlled trial. *Trialls*. ۲۰۱۹;۲۰(۱):۳۱۵.
۳۴. Choi M-J. Effects of dietary taurine supplementation on plasma and liver lipids in OVX rats fed calcium-deficient diet. *Nutr Res Pract*. ۲۰۰۸;۲(۱):۱۳-۶.
۳۵. Choi M-J, Chang KJ. The effects of dietary taurine supplementation on plasma and liver lipid in ovariectomized rats. *Adv Exp Med Biol*. ۲۰۰۹;۶۴۳:۳۸۹-۹۵.
۳۶. Spriet LL, Whitfield J. Taurine and skeletal muscle function. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. ۲۰۱۵;۱۸(۱):۹۶-۱۰۱.
۳۷. Ahmadian M, Dabidi Roshan V, Ashourpore E. Taurine supplementation improves functional capacity, myocardial oxygen consumption, and electrical activity in heart failure. *J Diet Suppl*. ۲۰۱۷;۱۴(۴):۴۲۲-۳۲.