



Kharazmi University

Research in Sport Medicine and Technology

Print ISSN: 2252 - 0708 Online ISSN: 2588 - 3925

Homepage: <https://jsmt.knu.ac.ir>**Effect of Taurine Supplement on Substrate Selection During Exercise in Obese Women**Nasim Sivandi ¹ | Rohollah Nikooie ² | Dariush Moflehi ³

1. M.A, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
2. Ph.D, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
3. Ph.D, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

corresponding author: **Rohollah Nikooie**, r_nikooie@uk.ac.ir

CrossMark

ARTICLE INFO**Article type:**

Research Article

Article history:

Received: March 26, 2023

Revised: August 11, 2023

Accepted: August 26, 2023

Keywords:FATmax and cross over points,
Obesity, Sexual hormones,
Taurine supplemen**How to Cite:**

Sivandi, Nikooie, Moflehi Effect of Taurine Supplement on Substrate Selection During Exercise in Obese Women. *Research In Sport Medicine and Technology*, 2023; 13(25): 103-113

ABSTRACT

Amino acid taurine can increase the utilization of fatty acids and stimulation of lipolysis through augmentation of the expression of genes related to regulation of energy metabolism. The purpose of this study was to investigate the effect of taurine supplement on lipid oxidation and substrate selection during exercise in obese women. 15 obese women (Body weight: 34.53 ± 6.33 (kg), BMI: 33.12 ± 3.23 (kg/m²)) performed a standard incremental test before and after 21 days of taurine supplementation (50 mg/kg). Blood samples were collected before and after the test and breath by breath measurement of respiratory parameters were done throughout the test. FATmax (as the point at which fat contributes the most to the consumed energy) and Cross over point (as the point at which the predominant fuel changes from fat to carbohydrates, COP) were calculated. Heart rate, workload, and oxygen consumption corresponding to FATmax and COP were determined and compared between attempts before and after supplement consumption using independent t-test and analysis of variance with repeated measures. Following taurine consumption for 21 days, the changes in serum levels of estrogen and progesterone hormones, maximum oxygen consumption, and time to exhaustion during incremental exercise test were significantly higher than before supplement consumption. Nevertheless, the consumption of supplement had no effect on heart rate, workload and oxygen consumption corresponding to FATmax and COP points. Despite the increase in performance variables during exercise, taurine supplementation has no effect on substrate selection during exercise in obese women.



Published by Kharazmi University, Tehran, Iran. Copyright(c) The author(s) This is an open access article under e:
CC BY-NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



پژوهش در طب ورزشی و فناوری

شاپا چاپی: ۰۷۰۸-۲۲۵۲ شاپا الکترونیکی: ۳۹۲۵-۲۵۸۸

Homepage: <https://jsmt.knu.ac.ir>

تأثیر مکمل تأثیرین بر انتخاب سوبستراتی مصرفی در حین تمرين در زنان چاق

نسیم سیوندی^۱ | روح الله نیکویی^{۲*} | داریوش مفلحی^۳

۱. کارشناس ارشد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.
۲. دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.
۳. دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

نویسنده مسئول: روح الله نیکویی: r_nikooie@uk.ac.ir

چکیده

اسیدآمینه تأثیرین می تواند بوسیله افزایش بیان زنهای مربوط به تنظیم متابولیسم انرژی، استفاده از اسیدهای چرب و تحریک فرآیند لیپویز را افزایش دهد. هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی تاثیر مکمل تأثیرین بر تسهیل اکسیداسیون لیپید و انتخاب سوبستراتی مصرفی حین تمرين در زنان چاق بود. ۱۵ زن چاق (سن ۶۳۲ ± ۳۴/۵۳ سال، شاخص توده بدن ۲/۲۳ ± ۲۳/۱۲ کیلوگرم/میջور متر) یک آزمون فزاینده استاندارد را قبل و بعد از مصرف ۲۱ روزه مکمل تأثیرین (۵۰ mg/kg) انجام دادند. نمونه خونی قبل و بعد از آزمون و پارامترهای تنفسی در تمامی طول آزمون به طور نفس به نفس اندازه گیری شد. نقاط FAT_{max} (به عنوان نقطه ای که چربی بیشترین سهم را در انرژی مصرفی دارد) و نقطه تقاطع سوخت کربوهیدرات و چربی (به عنوان نقطه ای که سوخت غالب از چربی به کربوهیدرات تغییر پیدا می کند، COP) تعیین و ضربان قلب، بارکاری و اکسیژن مصرفی معادل با این نقاط استخراج و بین کوششهای قبل از مصرف مکمل و بعد از آن بوسیله آزمون t مستقل و آزمون تحلیل واریانس با اندازه های تکراری با هم مقایسه شدند. متعاقب مصرف ۲۱ روزه مکمل تأثیرین، تغییرات سطوح سرمی هورمون های استروژن و پروژسترون، حداکثر اکسیژن مصرفی و زمان رسیدن به واماندگی در حین تمرين فراینده نسبت به قبل از مصرف مکمل بطور معنی دار مقادیر بالاتری داشت. با وجود این، مصرف این مکمل بر متغیر های ضربان قلب، بارکاری و اکسیژن مصرفی معادل با نقاط FAT_{max} و COP بدون تاثیر بود. علیرغم افزایش فاکتورهای عملکردی در حین تمرين، مکمل تأثیرین بر انتخاب سوبستراتی مصرفی در حین تمرين در زنان چاق بی تاثیر است.

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: فروردین ۱۴۰۲

تاریخ ویرایش: امداد ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش: شهریور ۱۴۰۲

واژه های کلیدی:

چاقی، مکمل تأثیرین، هورمونهای جنسی، FAT_{max} point ، نقطه تقاطع سوخت کربوهیدرات و چربی.

ارجاع: سیوندی، نیکویی و مفلحی. تاثیر مکمل تأثیرین بر انتخاب سوبستراتی مصرفی در حین تمرين در زنان چاق. پژوهش در طب ورزشی و فناوری ۱۱۳: ۱۰۳-۱۱۳. (۱۴۰۲)

مقدمه

چاقی بیماری است که با تجمع بیش از حد چربی در بدن مشخص می‌شود. این عارضه با استفاده از شاخص توده بدن (BMI) تعریف می‌شود، جایی که BMI بالاتر از ۳۰ به عنوان چاقی در نظر گرفته می‌شود^(۱). چاقی یکی از مهمترین دلایل گسترش بیماری‌های مزمن از جمله بیماری‌های قلبی عروقی، بیماری کبد چرب غیر الکلی، دیابت نوع ۲ و انواع خاصی از سرطان است^(۲). افزایش سطح لپتین سرم از طریق عمل برگیرنده خود (LEP-R) منجر به افزایش تجمع چربی در بافت چربی سفید می‌شود که مهمترین دلیل توسعه چاقی است^(۳).

از دیرباز فعالیت بدنی به عنوان عاملی موثر بر کنترل وزن، کاهش چربی احشاییو حفظ توده بدون چربی بدن مطرح بوده است^(۴). انجام تمرین با افزایش سطوح حرکت‌های اکسیداسیون چربی نظیر کاتکولامین‌ها و کورتیزول، کاهش حرکت‌های لیپوزنر نظیر انسولین و افزایش بیان ژن‌های درگیر در متابولیسم چربی نظیر لیپاز حساس به هورمون و استیل تری گلیسرولیپاز در بافت‌های چربی می‌تواند به افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب کمک نماید که ماحصل مزمن این تاثیرات می‌تواند کاهش درصد چربی بدن باشد^(۵). این اثر وابسته به شدت و مدت تمرین است جائی که تمرین مداوم بلندمدت با شدت متوسط بیشترین اثرگذاری بر میزان اکسیداسیون چربی را دارد^(۶). به دلیل اینکه در حین تمرین ترکیبی از کربوهیدرات و چربی جهت تامین انرژی مصرف می‌شود، انتخاب شدت تمرینی مناسب در جهت بهینه سازی سوبستراتی مصرفی در حین تمرین برای اثرگذاری تمرین اعمالی در کاهش چربی بدن امری حیاتی تلقی می‌شود. در واقع میزان اکسیداسیون چربی با افزایش شدت تمرین افزایش و در شدت خاصی به اوچ خود رسیده و سپس شروع به کاهش می‌کند^(۷). شدتی از تمرین که در آن اکسیداسیون چربی به اوچ می‌رسد، حداقل اکسیداسیون چربی است که FAT_{\max} نامیده می‌شود^(۸). با فراتر رفتن شدت تمرین از FAT_{\max} اکسایش اسیدهای چرب شروع به کاهش و بر میزان سهم نسبی کربوهیدرات‌ها در تامین انرژی اضافه می‌شود. نقطه‌ای را که در آن سهم نسبی کربوهیدرات‌های بیشتر از سهم چربی می‌شود به عنوان COP (Cross over) تعریف می‌شود^(۹). شدت تمرینی که باعث حداقل اکسیداسیون چربی می‌شود با توجه به وضعیت تمرینی و سطح آمادگی فرد متفاوت است. افراد تمرین کرده در شدت ۴۵ تا ۶۵ درصد حداقل اکسیژن مصرفی ($\text{VO}_{2\max}$) به FAT_{\max} می‌رسند، در حالیکه افراد کم تحرک در شدت حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد $\text{VO}_{2\max}$ به FAT_{\max} می‌رسند^(۱۰). اکسیداسیون اسیدچرب در زمان استراحت در افراد چاق نسبت به افراد معمول کمتر است که منجر به افزایش ذخایر چربی و تجمع تری گلیسیرید می‌شود^(۱۱).

در مجموع اکسیداسیون اسیدهای چرب، علاوه بر شدت و مدت تمرین، تحت تاثیر بعضی از مکمل‌های ورزشی نظیر تائورین نیز قرار می‌گیرد^(۱۲). تائورین (۲-آمینو اتان سولفونیک اسید) یک آمینو اسید غیر ضروری است که به وفور در سلول‌های پستانداران یافت می‌شود و از سایر اسیدهای آمینه حاوی گوگرد مانند؛ متیونین و سیستئین سنتز می‌شود. تائورین به طور فعال در بافت چربی سفید، کبد و کلیه سنتز می‌شود^(۱۳). این آمینواسید غیرضروری در

^۱. Body mass index

^۲. Leptin receptor

^۳. Maximal fat oxidation point

بسیاری از عملکردهای بیولوژیکی و فیزیولوژیکی مانند تنظیم هموستاز کلسیم در عضله اسکلتی و بافت قلب (۱۳)، افزایش نیروی عضلانی (۱۴) و بهبود حساسیت به انسولین (۱۵)، افزایش مصرف انرژی (۱۶) و تسهیل جلوگیری از فشار اکسایشی در ورزشکاران، نقش دارد (۱۷). این مکمل همچنین می‌تواند در تنظیم متابولیسم درگیر باشد. به عنوان مثال نشان داده شده است که تأثیرین می‌تواند لیپولیز را در چربی زیرپوستی و احشایی افزایش و سهم کربوهیدرات در تامین انرژی را کاهش دهد و باعث بهبود کارآمدی متابولیکی تمرین شود (۱۸). تأثیرین این عمل را با افزایش فاکتورهای رشد فیروblast بالاخص^۴ FGF₂₁^۵ و β -klotho^۶ انجام می‌دهد، فاکتورهای رشدی که اخیراً درگیری آنها در تسهیل اکسیداسیون لیپید به اثبات رسیده است (۱۹). همچنین شواهد دیگر مبنی بر اثرگذاری تأثیرین بر بتا-اکسیداسیون نیز وجود دارد (۱۷). اثرات ضدچاقی تأثیرین به واسطه هورمون‌های جنسی نیز واسطه گری می‌شود. تأثیرین با تحریک هیپوفیز به ترشح LH^۷ و FSH^۸ منجر می‌شود که در همکاری با تستوسترون می‌تواند زمینه ساخته شدن E2، مهمترین استروژن ترشح شده از تخمدان و هورمون پروژسترونی که بالاترین فعالیت بیولوژیکی را دارد،^۹ شود (۱۸). در واقع تأثیرین می‌تواند با تاثیر هم افزایی که بر FSH و LH اعمال می‌کند، تولید E2 و P را تحریک و تشویق کند (۱۸). این دو هورمون می‌توانند بکارگیری سوبسترای مصرفی در حالت استراحت را به سمت استفاده‌ی بیشتر از چربی تغییر دهند و این عمل را با اثر مستقیم به لیپولیز بافت چربی، افزایش مناسب هورمون‌های گلوكونوزنیک که بصورت غیر مستقیم در اکسایش چربی موثرند و افزایش سطوح هورمون رشد و اپی نفرین و کاهش سطوح انسولین که همگی به رها سازی اسیدهای چرب آزاد در خون منجر می‌شود، انجام می‌دهند (۱۹).

با توجه به اثرات مستقیم تأثیرین بر اکسیداسیون چربی و اینکه تأثیرین می‌تواند سطوح هورمون‌های جنسی را افزایش دهد، احتمالاً مصرف این مکمل می‌تواند در بکارگیری سوبسترای مصرفی در حین تمرین و تسهیل چربی سوزی اثرگذار باشد. با توجه به این که سطوح تأثیرین بدن در افراد چاق کمتر از افراد معمول می‌باشد این توقع وجود دارد که مکمل تأثیرین از طریق ایجاد تغییرات در سطوح هورمون‌های استروژن و پروژسترون و تاثیر این تغییرات بر انتخاب سوبسترای مصرفی، کارآمدی بیشتری در تسهیل چربی سوزی در زنان چاق داشته باشد. با این وجود با توجه به ادبیات موجود، در زمینه تاثیر مکمل تأثیرین در به کارگیری سوبسترای مصرفی در حین تمرین مطالعه‌ای وجود ندارد. از این رو هدف مطالعه حاضر بررسی تاثیر مکمل تأثیرین بر بکارگیری سوبسترای مصرفی در حین تمرین و با تأکید خاصی بر نقاط COP^{۱۰} و FAT_{max} در زنان چاق بود.

روش تحقیق

آزمودنی‌ها: ۱۵ خانم چاق سالم با دامنه سنی ۲۵-۴۵ سال از بین زنان شهر کرمان بطور هدفمند انتخاب و در تحقیق شرکت کردند. ملاک ورود آزمودنی‌ها در تحقیق سالم بودن، عدم اختلال در چرخه قاعدگی، عدم ابتلا به بیماری خاص، عدم مصرف دارو یا مکمل ورزشی شش ماه قبل از تحقیق و داشتن BMI بالای ۳۱ کیلوگرم بر مترمربع بود. هر

^۴. Fibroblast Growth Factor 21

^۵. Fibroblast Growth Factor 19

^۶. Luteinizing Hormone

^۷. Follicle-stimulating Hormone

آزمودنی در سه جلسه مجزا در تحقیق شرکت کرد. یک جلسه آشنایی که طی آن ترکیب بدن آزمودنی ها نیز با دستگاه Body composition مدل ZEUS 9.9 Plus (ZEUS 9.9 Plus) ساخت کشور آلمان اندازه گیری شد، جلسه پیش آزمون که طی آن آزمودنیها یک آزمون فزاینده استاندارد را یک روز قبل از شروع پروتکل مکمل رسانی انجام و نمونه های خونی قبل و بالا فاصله بعد از آزمون جمع آوری شد. جلسه سوم هم بعد از مصرف ۲۱ روزه مکمل بود که آزمون فزاینده ۴۸ ساعت بعد از آخرین روز مصرف مکمل انجام و جمع آوری نمونه های خونی مثل جلسه دوم تکرار شد. حتی الامکان سعی بر این بود که انجام تمرين فزاینده در یک روز مشخص از چرخه قاعدگی انجام شود، هر چند که به دلیل ماهیت تحقیق کنترل دقیق این مهم شدنی نبود. تنها ۱۱ نفر از آزمودنی های تحقیق تمامی مراحل تحقیق را طی و در تجزیه و تحلیل نهایی وارد شدند. بعد از توجیه و آشنایی کامل با هدف و روش اجرای تحقیق، تمامی آزمودنیها فرم رضایت نامه را امضاء کردند وکلیه مراح تحقیق توسط کمیته اخلاق دانشگاه شهید باهنر کرمان با شناسه اخلاق IR.UK.REC.1401.012 تایید شد.

نحوه اعمال مکمل دهی

مکمل دهی تأثیرین به میزان ۵۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در هر روز در قالب کپسول های خوراکی انجام شد (۲۰). داوطلبان هر روز یک کپسول و در کل به مدت ۲۱ روز، ۲۱ کپسول را مصرف کردند.

پروتکل آزمون

آزمون فزاینده استاندارد روی چرخ ارگومتر مونارک مدل E-839 ساخت کشور سوئد انجام شد. آزمودنی ها در خلال انجام آزمون از طریق ماسک دو طرفه با مقاومت و فضای مرده اندک (۴۰ میلی لیتر) تنفس کردند و گازهای تنفسی در تمامی طول آزمون بوسیله دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی مدل کورتکس (CORTEX) ساخت کشور آلمان به طور نفس به نفس اندازه گیری شد. عمل کالیبره کردن دستگاه با استفاده از سیلندرهای محتوی گاز رفرنس و هوای محیط برای هر آزمودنی انجام و پارامترهای گازی مورد نظر شامل VE/VCO₂, VE/VO₂, VCO₂, VO₂, VE در خلال آزمون به طور نفس به نفس انجام شد (۲۱). شروع آزمون با ۲۵ وات بود و بعد از آن بار کاری هر سه دقیقه به میزان ۱۵ وات افزایش یافت. این عمل تا وقوع VO_{2max} ادامه یافت، در حالی که آزمودنی ها به طور شفاهی تشویق می شدند تا آزمون را تا جایی که امکان دارد، ادامه دهند. وقوع VO_{2max} در این تحقیق بر اساس دستیابی به دو فاکتور از سه شاخص زیر تعریف شد: ۱) حالت فلاٹ در VO₂ با وجود افزایش در مقاومت (افزایش کمتر از ۵۰ میلی لیتر)، ۲) نسبت تبادل تنفسی بالاتر از ۱/۱۵ (۳) رسیدن ضربان قلب به مقادیر پیش بینی شده بر اساس سن (سن ۲۰-۲۲).

نحوه جمع آوری نمونه خونی برای اندازه گیری استروژن و پروژترون سرمی

۱۵ دقیقه قبل و بالا فاصله پس از انجام آزمون فزاینده استاندارد، نمونه خونی تحت شرایط استریل و استاندارد و در وضعیت نشسته از ورید بازویی آنتی کوبیتال به مقدار ۱۰ میلی لیتر گرفته شد. نمونه خونی در لوله های که حاوی ژل مخصوص برای جدا سازی سرم و پلاسما است نگهداری و به آزمایشگاه منتقل شد. جدا سازی سرم و پلاسما به مدت ۱۵ دقیقه با سانتریفیوژ در ۴۰۰۰ g، دمای ۴ درجه انجام و در دمای منفی ۸۰ درجه سانتی گراد نگهداری خواهد شد.

نمونه های سرمی توسط کیت های دیاسورین انسانی استرادیول و پروژسترون به روش ELISA اندازه گیری شدند. نحوه تعیین COP و FAT_{max}

COP و FAT_{max} دو شاخص مهم برای تعیین سوبسترای مصرفی حین تمرین هستند. برای محاسبه COP، ابتدا فوacial آزمون به دوره های ۲۰ ثانیه ای تقسیم می شود. سپس مقادیر میانگین نسبت تبادل تنفسی (RER) ثبت شده در خلال این دوره های ۲۰ ثانیه ای محاسبه شدن و بر اساس آن و مطابق با جداول کالری سنجی موجود، سهم نسبی کربوهیدرات و چربی مصرفی معادل با هر بازه زمانی در طول آزمون فزاینده محاسبه شد، سپس نمودار مصرف چربی و کربوهیدرات به زمان (هر دو بر روی یک نمودار) رسم و جایی که دو نمودار یک دیگر را قطع می کرد به عنوان COP تعریف می شود. پس از استخراج این نقطه، متغیرهای معادل با آن شامل ضربان قلب، اکسیژن مصرفی و زمان وقوع این نقطه تعیین می شد (۲۱).

برای محاسبه FAT_{max} ابتدا میزان کالری مصرفی معادل با هر وله ۲۰ ثانیه ای تمرین با استفاده از مقادیر اکسیژن مصرفی محاسبه شد. سپس سهم نسبی مصرف چربی با استفاده از مقادیر RER و با استفاده از جداول کالری سنجی موجود در هر وله زمانی تعیین و در کل کالری مصرفی معادل با آن بارکاری ضرب شد. بار کاری معادل بیشترین عدد بدست آمده به عنوان نقطه FAT_{max} در نظر گرفته شد. پس از استخراج این نقطه متغیرهای معادل با آن شامل ضربان قلب، اکسیژن مصرفی و بارکاری تعیین شدند (۲۱).

روش آماری

برای بررسی تفاوت های سطوح سرمی استروژن و پروژسترون پیش و پس آزمون و قبل و بعد از مصرف مکمل از آزمون واریانس مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی و برای مقایسه متغیرهای فیزیولوژیک معادل با نقاط COP و FAT_{max} قبل و بعد از مصرف مکمل از آزمون t زوجی استفاده شد. در تمامی آزمون های آماری، سطح معنی داری $\alpha=0.05$ در گرفته شد.

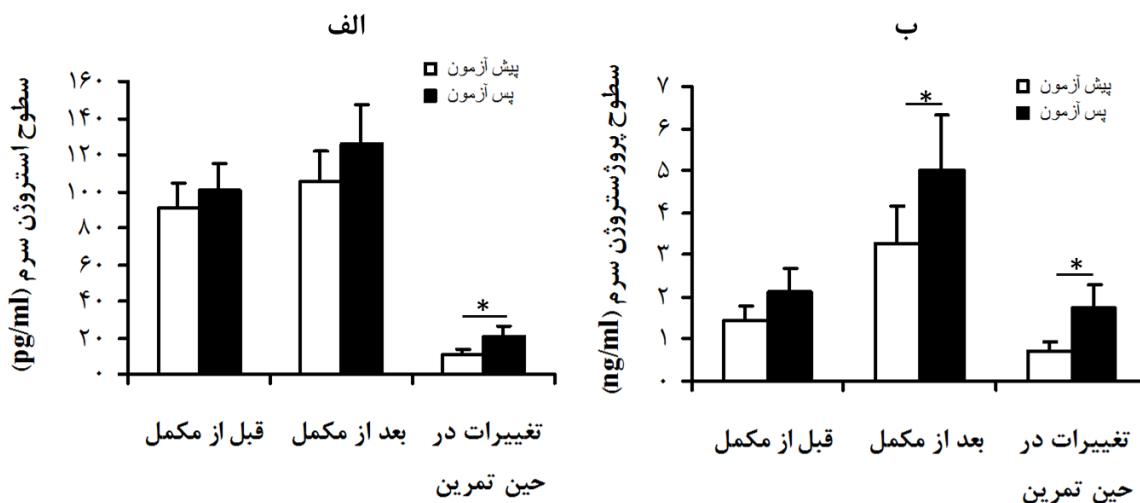
نتایج

جدول ۱-۴ مقادیر برخی اطلاعات دموگرافیک و آنتروپومتریک آزمودنی های حاضر در تحقیق را نشان می دهد.

جدول ۱-۴ میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای زمینه ای آزمودنی ها

متغیرها	میانگین	انحراف استاندارد
سن (سال)	۳۴/۵۳	۷/۳۲
قد (سانتیمتر)	۱۵۷/۴۷	۳/۸۷
وزن (کیلوگرم)	۸۲/۱۷	۹/۲۱
شاخص توده بدن (کیلوگرم/مترمربع)	۳۳/۱۲	۳/۲۳
درصد چربی بدن	۴۰/۱۹	۲/۰۵

مقادیر پیش و پس آزمون سطوح سرمی استروژن و پروژسترون قبل و بعد از مصرف مکمل تائورین در شکل ۱ نشان داده شده است. افزایش ۱۱ و ۱۹ درصدی در سطوح سرمی استروژن به ترتیب قبل و بعد از مصرف مکمل بلافضله بعد از آزمون فراینده استاندارد مشاهده شد. سطوح پروژسترون سرم قبل و بعد از مصرف مکمل به ترتیب افزایش ۴۴ و ۵۳ را در انتهای آزمون فراینده نشان داد. تنها مقادیر پس آزمون سطوح سرمی پروژسترون بعد از مصرف مکمل نسبت به مقادیر پیش آزمون آن تفاوت معنی دار داشت ($P < 0.05$)، شکل الف). تغییرات سطوح سرمی استروژن و پروژسترون در حین تمرین فراینده بعد از مصرف مکمل نسبت به تغییرات این دو هورمون قبل از مصرف مکمل به طور معنی دار بالاتر بود (هر دو $P < 0.05$)، شکل ب).



شکل ۱: مقادیر پیش و پس آزمون سطوح سرمی استروژن (الف) و پروژسترون (ب) قبل و بعد از مصرف مکمل تائورین. * اختلاف معنی دار ($P < 0.05$). هر داده میانگین ۱۱ نفر است. داده های میانگین \pm انحراف استاندارد هستند.

مقادیر مربوط به متغیرهای وابسته تحقیق اندازه گیری شده در آزمون فراینده استاندارد قبل و بعد از مصرف مکمل در جدول ۲ گزارش شده است. مصرف ۲۱ روزه مکمل تائورین باعث ایجاد اختلاف معنی دار در هیچ کدام از متغیرهای فیزیولوژیک معادل با نقاط COP و FAT_{max} (اکسیژن مصرفی، ضربان قلب، بار کاری) نشد (جدول ۲). با این وجود مصرف ۲۱ روزه مکمل تائورین باعث افزایش معنی دار حداقل اکسیژن مصرفی و زمان رسیدن به واماندگی در حین آزمون فراینده نسبت به قبل از مصرف مکمل شد (هر دو $P < 0.05$)، جدول ۲).

جدول ۲: مقادیر متغیرهای وابسته تحقیق در حین تمرین فراینده قبل و بعد از مصرف مکمل (n=11)

متغیر	زمان اندازه گیری	میانگین ± SD
اکسیژن مصرفی معادل با نقطه COP (میلی لیتر بر کیلوگرم وزن بدن در دقیقه)	قبل از مکمل دهی	۹/۲ ± ۱/۹۵
	بعد از مکمل دهی	۹/۶۲ ± ۱/۰۷
ضربان قلب معادل با نقطه COP (ضربه در دقیقه)	قبل از مکمل دهی	۱۲۰/۶ ± ۱۳/۷۶
	بعد از مکمل دهی	۱۲۲/۳ ± ۱۲/۹۳
بارکاری معادل با نقطه COP (وات)	قبل از مکمل دهی	۶۳/۳ ± ۱۵/۹۹
	بعد از مکمل دهی	۶۶,۳ ± ۱۴/۸۴
اکسیژن مصرفی معادل با نقطه FAT_{max} (میلی لیتر بر کیلوگرم وزن بدن در دقیقه)	قبل از مکمل دهی	۷/۴۱ ± ۲/۰۹
	بعد از مکمل دهی	۸/۵۲ ± ۱/۳۷
ضربان قلب معادل با نقطه FAT_{max} (ضربه در دقیقه)	قبل از مکمل دهی	۱۱۰/۶ ± ۱۴/۶
	بعد از مکمل دهی	۱۱۴/۵ ± ۱۳/۳
بارکاری معادل با نقطه FAT_{max} (وات)	قبل از مکمل دهی	۵۵ ± ۱۰/۳
	بعد از مکمل دهی	۵۷/۵ ± ۱۰/۶
حداکثر اکسیژن مصرفی VO_{2max} (میلی لیتر بر کیلوگرم وزن بدن در دقیقه)	قبل از مکمل دهی	۱۶/۲ ± ۵/۳
	بعد از مکمل دهی	۱۹/۲ ± ۴/۲*
زمان رسیدن به واماندگی در آزمون فراینده (ثانیه)	قبل از مکمل دهی	۵۳۱ ± ۱۵۴
	بعد از مکمل دهی	۵۷۳ ± ۱۵۸*

* اختلاف معنی دار با مقادیر قبل از مکمل ($P < 0.05$)، هر داده میانگین ۱۱ نفر است. داده های میانگین ± انحراف استاندارد هستند.

بحث و نتیجه گیری

تحقیق حاضر با هدف بررسی تاثیر مکمل تائورین بر بکارگیری سوبسترای مصرفی در حین تمرین و با تأکید خاص بر نقاط COP و FAT_{max} در زنان چاق انجام شد. مهم ترین یافته های این تحقیق این بود که مصرف حد مکمل تائورین در زنان چاق بر تغییرات سطوح سرمی استروژن و پروژسترون در حین تمرین اثرگذار و همچنین باعث حداکثر اکسیژن مصرفی و زمان رسیدن به واماندگی در آزمون فراینده استاندارد می شود. با این وجود مصرف این مکمل بر ضربان قلب، اکسیژن مصرفی و بارکاری معادل با نقطه COP و FAT_{max} اثرگذار نیست و انتخاب سوبسترای مصرفی در حین تمرین در زنان چاق را دستخوش تغییر نمی کند.

در تحقیق حاضر فرضیه ای صورت گرفت که احتمالاً مصرف مکمل

تائورین می تواند با افزایش سطوح سرمی استروژن و پروژسترون سبب بهبود اکسیداسیون لیپید و متعاقب آن بهبود نقطه COP و FAT_{max} شود. این فرضیه از آنجا نشأت گرفت که شواهدی وجود داشت که استروژن و پروژسترون اکسیداسیون لیپید را افزایش و متقابلاً اکسیداسیون کربوهیدرات را کاهش می دهنده این امر با کاهش میزان مصرف گلیکوزن در طول ورزش همراه است (۲۲). همچنین شواهدی وجود داشت که سطوح بالای استروژن لیپولیز بافت چربی را افزایش و به تبع آن در دسترس بودن FFA در حین تمرین و توزیع FFA در عضلات اسکلتی را افزایش می دهد (۲۳). از طرف دیگر شواهد کافی دال بر اثر گذاری مکمل تائورین بر سطوح سرمی استروژن و پروژسترون وجود داشت (۲۴). در واقع، مکمل تائورین می تواند ترشح سطوح هورمون آزاد کننده گنادوتropin (GnRH)^۸، LH، استرادیول و پروژسترون را تحیریک کند (۱۸). همچنین تائورین با تحیریک عملکرد محور هیپوپotalamus-LH-hipofizی-غدد جنسی می تواند ترشح هورمون های جنسی را افزایش دهد و به طور مستقیم نیز رشد فولیکول های تحمدان و بلوغ تخمک را تسريع می کند که می تواند به تحیریک ترشح استرادیول منجر شود (۱۸). لذا با توجه به این اطلاعات این انتظار وجود داشت که چنانچه سطوح تائورین در بدن دستخوش تغییر شود، احتمالاً می تواند بر سطوح هورمون های جنسی زنانه و متعاقب آن اکسیداسیون لیپید در حین تمرین اثر گذار باشد. بالاخص که این فرضیه در زنان چاق مرد بررسی قرار گرفت که به دلیل داشتن سلول های چربی بزرگتر دارای سنتز و ترشح تائورین کم هستند و سطح ترشح استروژن و پروژسترون کمتری نسبت به افراد غیر چاق دارند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که مصرف یک دوره ۲۱ روزه مکمل تائورین تغییرات سطوح سرمی استروژن و پروژسترون را در حین تمرین فزاینده نسبت به عدم مصرف مکمل افزایش می دهد. هرچند در تحقیق حاضر سطوح تائورین بعد از مصرف مکمل اندازه گیری نشد تا بر اجرای صحیح پروتکل مکمل دهی صحه بگذارد، لیکن سایر تحقیقات انجام شده در این زمینه که از روش مشابه استفاده کرده اند و تغییرات مکمل را نیز مانیتور کردند، صحت پروتکل مکمل دهی را تایید می کنند (۲۵، ۲۶).

به دنبال مشاهده نتایج مثبت مبنی بر اثر گذاری مکمل تائورین بر تغییرات سطوح هورمون های استروژن و پروژسترون، در تحقیق حاضر فرضیه ای دیگر مبنی بر بررسی اثر این تغییرات بر اکسیداسیون لیپید و تعیین سوبستراتی مصرفی در حین تمرین توسعه یافت. به این منظور دو شاخص COP و FAT_{max} برای تعیین سوبستراتی مصرفی استفاده شدند و متغیرهای فیزیولوژیک معادل با آن ها قبل و بعد از مصرف مکمل با هم مقایسه شد. نتایج حاکی از عدم تاثیر مکمل دهی حاد تائورین بر ضربان قلب، بارکاری و اکسیژن مصرفی معادل با نقطه COP و FAT_{max} حین تمرین فزاینده استاندارد در زنان چاق بود. در توجیه معنی دار نشدن این فرضیه این احتمال وجود دارد که فرایند مکمل دهی به میزان کافی نبوده است چرا که دوز تاثیر گذار تائورین بر عملکرد ورزشی در مطالعات انسان بین ۵۰۰ میلی گرم تا ۱۰ گرم متغیر است (۲۷). به عنوان مثال در تحقیقی با هدف تعیین تاثیر مکمل دهی تائورین بر عملکرد دویدن روی تردیل

^۸ - Gonadotropin releasing hormone

^۹ - Follicle-Stimulating Hormone

^۳ - luteinizing hormone

صرف ۶ گرم از این مکمل در مقایسه با مصرف ۳ گرمی عملکرد را ۹۴ درصد بیشتر افزایش داد (۲۸۹). به دلیل اینکه در افراد چاق سطوح پایه تأثیرین از افراد معمولی کمتر است، لذا این احتمال وجود دارد که در این جامعه خاص مکمل دهی تأثیرین باستی با روش خاص خود و متفاوت از افراد عادی انجام شود. دلیل دیگر بر توجیه معنی دار نشدن این فرضیه احتمالاً پتانسیل پایین بدن افراد چاق و غیرفعال در اکسیداسیون لیپید است (۱۰). این موضوع بسیار محتمل است که در تحقیق حاضر مکمل تأثیرین مسربات استفاده بیشتر از چربی در حین تمرین را فراهم آورده باشد لیکن به دلیل ظرفیت پایین آزمودنی های تحقیق در اکسیداسیون لیپید، امکان استفاده از آن فراهم نشده باشد. چنانچه در تحقیق حاضر سطوح تری گلیسیرید پلاسمما و اسید چرب آزاد پلاسما کنترل و بین قبل و بعد از مصرف مکمل باهم مقایسه می شد این امکان وجود داشت که در این مورد اظهار نظر قطعی شود لیکن این مهم در تحقیق حاضر میسر نشد. لذا انجام تحقیقی دیگر با کنترل شاخص های اکسیداسیون لیپید به محققان بعدی توصیه می شود.

با این وجود در تحقیق حاضر متعاقب مکمل دهی حاد تأثیرین حداکثر اکسیژن مصرفی و زمان رسیدن به واماندگی در حین تمرین فراینده استاندارد در زنان چاق افزایش معناداری داشت. هرچند تفسیر این نتیجه تا حدی مشکل می باشد لیکن به دلیل عدم تاثیر گذاری مکمل تأثیرین بر شاخص های متابولیسم هوایی این احتمال وجود دارد که افزایش در اکسیژن مصرفی بیشینه و زمان رسیدن به واماندگی پس از مصرف مکمل به دلیل تاثیر گذاری تأثیرین بر متابولیسم بی هوایی آزمودنی های تحقیق باشد. این احتمال زمانی قوت می گیرد که شواهدی مبنی بر افزایش متابولیسم بی هوایی در ادبیات گزارش شده است. مصرف حاد مکمل تأثیرین می تواند مقادیر حداکثر لاكتات تحمل شده (به عنوان برآورده از متابولیسم بی هوایی) در حین تمرین بیشینه را در شناگران افزایش دهد و این عمل را مستقل از تغییر در سرعت معادل با آستانه بی هوایی انجام می دهد (۱۱). این نتیجه دقیقاً بیانگر این است که مکمل تأثیرین می تواند متابولیسم بی هوایی را تحت تاثیر قرار دهد. دلیل احتمالی دیگر تاثیری است که مکمل تأثیرین بر شاخص های عملکرد قلبی در شدت های بیشینه تمرین دارد. نشان داده شده است که مصرف حاد مکمل تأثیرین می تواند منجر به افزایش کسر تخلیه بدن در شدت های تمرینی بیشینه شود (۲۹) که خود عاملی برای بهبود حجم ضربه ای به عنوان مهم ترین عامل محدود کننده حداکثر اکسیژن مصرفی در حین تمرین می باشد. لذا احتمالاً مکمل تأثیرین می تواند با بهبود حجم ضربه ای در حین تمرین به بهبود حداکثر اکسیژن مصرفی منجر شود.

به طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مصرف حاد مکمل تأثیرین در زنان چاق باعث افزایش تغییرات غلظت سرمی استروژن و پروژسترون در حین تمرین شده که با افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی و زمان رسیدن به واماندگی در حین تمرین همراه است. با وجود این تغییرات مصرف این مکمل بر انتخاب سوبستراتی مصرفی و متغیرهای فیزیولوژیک معادل با نقطه FAT_{max} و COP بدون تأثیر است.

References

1. Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine—evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2015; 25:1-72.
2. Kopelman PG. Obesity as a medical problem. *Nature*. 2000;404(6778):635-43.
3. Obradovic M, Sudar-Milovanovic E, Soskic S, Essack M, Arya S, Stewart AJ, et al. Leptin and Obesity: Role and Clinical Implication. *Frontiers in Endocrinology*. 2021;12.
4. D'Amuri A, Sanz JM ,Capatti E, Di Vece F, Vaccari F, Lazzer S, et al. Effectiveness of high-intensity interval training for weight loss in adults with obesity: a randomised controlled non-inferiority trial. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2021;7(3):e001021.
5. Gar C, Rottenkolber M, Haenelt M, Potzel AL, Kern-Matschilles S, Then C, et al. Altered metabolic and hormonal responses to moderate exercise in overweight/obesity. *Metabolism*. 2020;107:154219.
6. Hargreaves M, Spriet LL. Exercise metabolism: fuels for the fire. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*. 2018;8(8):a029744.
7. Brooks GA, Mercier J. Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the "crossover" concept. *Journal of applied physiology*. 1994;76(6):2253-61.
8. Jeukendrup A, Achten J. Fatmax: A new concept to optimize fat oxidation during exercise? *European Journal of Sport Science*. 2001;1(5):1-5.
9. Purdom T, Kravitz L, Dokladny K, Mermier C. Understanding the factors that effect maximal fat oxidation. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2018;15(1):1-10.
10. Dandanell S, Præst CB, Søndergård SD, Skovborg C, Dela F, Larsen S, et al. Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation in individuals with obesity. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2017;42(4): 405-12.
11. Batitucci G, Terrazas SIBM, Nóbrega MP, Carvalho FGd, Papoti M, Marchini JS, et al. Effects of taurine supplementation in elite swimmers performance. *Motriz: Revista de Educação Física*. 2018; 24(1): e1018137
12. Murakami S. Role of taurine in the pathogenesis of obesity. *Molecular nutrition & food research*. 2015; 59(7): 1353-63.
13. De Luca A, Pierno S, Camerino DC. Taurine: the appeal of a safe amino acid for skeletal muscle disorders. *Journal of translational medicine*. 2015;13(1):1-18.
14. Schaffer SW, Jong CJ, Ramila K, Azuma J. Physiological roles of taurine in heart and muscle. *Journal of biomedical science*. 2010; 17(1):1-8.
15. Vettorazzi JF, Ribeiro RA, Santos-Silva JC, Borck PC, Batista TM, Nardelli TR, et al. Taurine supplementation increases K ATP channel protein content, improving Ca 2+ handling and insulin secretion in islets from malnourished mice fed on a high-fat diet. *Amino acids*. 2014; 46(9):2123-36.
16. De Carvalho FG, Galan BS, Santos PC, Pritchett K, Pfrimer K, Ferriolli E, et al. Taurine: a potential ergogenic aid for preventing muscle damage and protein catabolism and decreasing oxidative stress produced by endurance exercise. *Frontiers in physiology*. 2017; 8:710.
17. Haidari F, Asadi M, Ahmadi-Angali K. Evaluation of the effect of oral taurine supplementation on fasting 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. *Trials*. 2019;20(1):1-6.
18. Mu T, Yang J, Li Z, Wu G, Hu J. Effect of taurine on reproductive hormone secretion in female rats. 2015; 449-56.19.
19. Rezaiyan Attar F, Nikooie R, Moflehi D. Anaerobic Threshold Variations during Different Phases of Menstrual Cycle: Effect of Substrate Selection. *Journal of Applied Exercise Physiology*. 2019; 15(30):213-25.
20. Mark W, Stephen DP, Owen J. Oral taurine improves critical power and severe-intensity exercise tolerance. *Amino Acids*. (2019); 51:1433-1441.
21. Adeli A, Nikooie R, Aminaie M. Effect of Simultaneous Consumption of Caffeine and L-Carnitine on Aerobic Performance and Substrate Selection During Exercise. *Sport Physiology*. 2020;11(44):107-22.
22. Ellis GS, Lanza-Jacoby S, Gow A, Kendrick ZVJJJoAP. Effects of estradiol on lipoprotein lipase activity and lipid availability in exercised male rats. 1994;77(1):209-15.
23. Rooney TP, Kendrick ZV, Carlson J, Ellis GS, Matakevich B, Lorusso S, et al. Effect of estradiol on the temporal pattern of exercise-induced tissue glycogen depletion in male rats. 1993;75(4):1502-6.
24. Mu T, Feng Y, Che Y, Lv Q, Hu J, Yang Q, et al. Taurine Promotes In-vitro Follicle Development, Oocyte Maturation, Fertilization and Cleavage of rats. *Taurine 11*: Springer; 2019. p. 197-203.
25. Wen C, Li F, Zhang L, Duan Y, Guo Q, Wang W, et al. Taurine is involved in energy metabolism in muscles, adipose tissue, and the liver. 2019;63(2):1800536.
26. Rutherford JA, Spriet LL, Stellingwerff TJJJoSN, Metabolism E. The effect of acute taurine ingestion on endurance performance and metabolism in well-trained cyclists. 2010;20.(4).
27. Shao A, Hathcock JNJRT, pharmacology. Risk assessment for the amino acids taurine, L-glutamine and L-arginine. 2008;50(3):376-99.
28. 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. 2020; 12(5):1540.
29. Cao L, Jiang Y, Li Q, Wang J, Tan S .Exercise training at maximal fat oxidation intensity for overweight or obese older women: A randomized study. *Journal of sports science & medicine*. 2019; 18(3):413.