



اثر مکمل سازی تورین بر برخی شاخص های قلبی-متابولیکی و اجزای آمادگی جسمانی در وضعیت استراحت و متعاقب یک جلسه ورزش وامانده ساز در مردان فعال

شورش مصطفایی: کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد سقز، دانشگاه آزاد اسلامی، سقز، ایران
ID فتح مرادی: استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد سقز، دانشگاه آزاد اسلامی، سقز، ایران (* نویسنده مسئول) moradi_fatah@iausaghez.ac.ir
بهلول عبادی: کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد سقز، دانشگاه آزاد اسلامی، سقز، ایران

چکیده

کلیدواژه ها

تورین،
توان هوازی،
مقاومت انسولینی،
فشار خون،
نیمرخ چربی

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۷/۰۱

تاریخ چاپ: ۹۹/۱۰/۱۱

زمینه و هدف: تورین نقش های زیست شناختی و فیزیولوژیکی متعددی در ورزشکاران و افراد فعال دارد. هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر مکمل سازی تورین بر برخی شاخص های قلبی-متابولیکی و اجزای آمادگی جسمانی در وضعیت استراحت و متعاقب یک جلسه ورزش وامانده ساز در مردان فعال بود.

روش کار: روش تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی بود و بیست مرد فعال از میان تکواندوکاران شهرستان سقز انتخاب شده و به صورت تصادفی در دو گروه آزمایش (مکمل، $n=10$) و کنترل (دارونما، $n=10$) قرار گرفتند. ارزیابی ها در سه مرحله (قبل از مکمل سازی، پس از مکمل سازی و بلافاصله پس از یک جلسه ورزش وامانده ساز) صورت گرفت. طول دوره مکمل سازی چهارده روز (روزانه دو کپسول دو گرمی تورین) بود. گروه دارونما نیز در مدت مشابه هر روز دو کپسول دو گرمی نشاسته مصرف نمودند. از آزمون نوارگردان بروس به عنوان جلسه ورزش وامانده ساز استفاده شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده ها از آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری های مکرر در سطح معنی داری $p<0.05$ استفاده شد.

یافته ها: یک دوره مکمل سازی تورین تاثیر معنی داری بر سطوح توان هوازی، استقامت عضلانی، توان بی هوازی، قدرت عضلانی، فشار خون، درصد چربی بدن و نیمرخ چربی مردان فعال نداشت ($p>0.05$)، اما سطوح گلوکز ($p=0.001$)، انسولین ($p=0.003$) و مقاومت انسولینی ($p=0.006$) را کاهش داد. همچنین، مکمل سازی تورین تاثیر برپاسخ نیمرخ چربی، گلوکز، انسولین و مقاومت انسولینی به یک جلسه ورزش در مردان فعال نداشت ($p>0.05$).

نتیجه گیری: به نظر نمی رسد مکمل سازی تورین به مدت چهارده روز (روزانه چهار گرم) بتواند بر اجزای آمادگی جسمانی، فشار خون، درصد چربی بدن و سطوح استراحتی و متعاقب یک جلسه ورزش وامانده ساز نیمرخ چربی در مردان فعال اثرگذار باشد، اما سطوح استراحتی گلوکز، انسولین و مقاومت انسولینی را کاهش می دهد.

تعارض منافع: گزارش نشده است.

منبع حمایت کننده: حامی مالی نداشته است.

شیوه استناد به این مقاله:

Mostafaei Sh, Moradi F, Ebadi B. The effect of taurine supplementation on some cardiometabolic parameters and physical fitness components at rest and following an exhaustive exercise session in active men. Razi J Med Sci. 2020;27(10):151-166.

*انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 3.0 صورت گرفته است.

The effect of taurine supplementation on some cardiometabolic parameters and physical fitness components at rest and following an exhaustive exercise session in active men

Shoreh Mostafaei: MSc of Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sport Sciences, Saghez Branch, Islamic Azad University, Saghez, Iran

Fatah Moradi: PhD of Exercise Physiology, B.S. of Physiotherapy, Assistant Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Saghez Branch, Islamic Azad University, Saghez, Iran (*Corresponding author) moradi_fatah@yahoo.c

Behloul Ebadi: MSc of Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sport Sciences, Saghez Branch, Islamic Azad University, Saghez, Iran

Abstract

Background & Aims: Taurine has several biological and physiological roles in athletes and active individuals. It can protect against oxidative stress in a variety of conditions and act as an anti-inflammatory agent. Taurine has several biological and physiological roles in athletes. Due to the numerous effects associated with the action of taurine in the human body, some researchers have tried to identify the relationship between this micronutrient and physical exercise. More research is needed to determine which population groups can benefit most from taurine supplementation, and it is necessary to study on participants with different age, health, and exercise status. Also, the effect of taurine supplementation on the response of cardio-metabolic indicators to an exhaustive exercise session in active men is another subject that has been less studied so far. The purpose of this study was to investigate the effects of taurine supplementation on some cardiometabolic parameters and components of physical fitness at rest and following an exhaustive exercise session in active men.

Methods: The research method was quasi-experimental with pre-test and post-test assessments and twenty active men with an experience of at least two years of regular training were selected from among taekwondo players in the city of Saghez and were randomly divided into two experimental (supplementation, n=10) and control (placebo, n=10) groups. The research was done via available sampling and the subjects were randomly assigned to the groups. The assessments were carried out in three stages (pre-supplementation, post-supplementation, and immediately after an exhaustive exercise session). Pre-test evaluations were performed on two consecutive days at about 8 a.m. On the first day, resting blood pressure was measured and a blood samples (10 cc) of the volunteers were taken from a brachial vein in a sitting position. Bruce treadmill test was immediately performed to assess aerobic power (cardio-respiratory function). Then, the anthropometric and physiological characteristics of the volunteers including height, weight, body mass index and body fat percent were measured. Also, chest press and leg press tests were performed to evaluate muscle strength. On the second day, RAST (running-based anaerobic speed test) was performed to assess anaerobic power and then the curl up and chin up tests were performed to assess muscular endurance. The period of supplementation was fourteen days. Each day before breakfast and dinner, the experimental group received two 2-gram capsule of taurine and the placebo group

Keywords

Taurine,
Aerobic Power,
Insulin Resistance,
Blood Pressure,
Lipid Profile

Received: 22/09/2020

Published: 31/12/2020

consumed four grams of starch in the same period. During the supplementation period, subjects in both groups performed their routine exercise program under the supervision of a trainer. The training program included general and specialized taekwondo exercises, three days a week. The duration of each training session was approximately 90 minutes, including 10 minutes of warm-up, 70 minutes of special taekwondo exercises and 10 minutes of cool-down. Post-test evaluations were performed 48 hours after the supplementation period. Bruce treadmill test was used as an exhaustive exercise session and immediately, the third blood samples were taken. To analyze the data, analysis of variance with repeated measurements was used at the significant level of $p < 0.05$.

Results: A period of taurine supplementation had no significant effect on aerobic power, muscle endurance, anaerobic power, muscle strength, blood pressure, body fat percent and lipid profile in active men ($p > 0.05$), but decreased levels of glucose ($p = 0.001$), insulin ($p = 0.003$) and insulin resistance ($p = 0.001$). Also, taurine supplementation had no effect on the response of lipid profile, glucose, insulin and insulin resistance to an exhaustive exercise session in active men ($p > 0.05$).

Conclusion: Supplementation of taurine for fourteen days (four grams per day) does not appear to affect physical fitness components, blood pressure, body fat percent, and lipid profile levels at rest and following an exhaustive exercise in active men, but decreases resting levels of glucose, insulin and insulin resistance. These findings are consistent with the results of some previous research and not with others. The inconsistency of the findings of the present study with previous research can be attributed to the methodological differences of these studies such as cardio-metabolic and physical fitness components have been studied, health status of subjects (healthy or non-healthy), time interval between the end of the supplementation period and performing assessments, the length of the supplementation period (short or long term) and the species of subjects (mouse, human, etc). Carrying out similar studies in other demographic groups (e.g. sedentary men or cardiovascular patients), on a number of other indicators of physical or cardiovascular function, with different doses/periods of taurine supplementation or with physical exercise intervention can provide new research fields for researchers and augment existing knowledge in this field.

Conflicts of interest: None

Funding: None

Cite this article as:

Mostafaei Sh, Moradi F, Ebadi B. The effect of taurine supplementation on some cardiometabolic parameters and physical fitness components at rest and following an exhaustive exercise session in active men. Razi J Med Sci. 2020;27(10):151-166.

*This work is published under CC BY-NC-SA 3.0 licence.

مقدمه

تورین (۲-آمینواتان سولفونیک اسید) یک اسید آمینه مشتق از متابولیسم سیستمین است و در تنظیم حجم سلول، سمیت زدایی، تنظیم اسمزی، تثبیت غشا، تنظیم جریان کلسیم درون سلولی و تولید آنتی اکسیدان به واسطه ساختار مولوکولی اش دخیل است. تورین می تواند در برابر فشار اکسایشی در شرایط مختلف محافظت کند و به عنوان یک عامل ضد التهابی عمل نماید. به علاوه، اثرات مفید تورین نه فقط در موش ها بلکه در انسان ها نیز گزارش شده است (۱). تورین نقش مهمی به عنوان یک عامل اساسی برای حفظ یکپارچگی سلولی در قلب، عضله، شبکه و سراسر دستگاه عصبی مرکزی بازی می کند. این اسید آمینه فراگیر یک عامل محافظ سلولی بالقوه است، به عنوان یک کاندیدای میانجی عصبی مورد توجه قرار گرفته است و یک تعدیل کننده فعالیت عصبی می باشد (۲). تورین یک اسید آمینه محتوی سولفور است که ارزان و غیر سمی می باشد و به طور وسیعی به عنوان یک عامل تغذیه ای عملکردی به کار می رود. غذاهای دریایی سرشار از تورین بیماری های قلبی-عروقی و سوخت و سازی همچون چاقی، دیابت ملیتوس و چربی بیش از حد خون را بهبود می بخشد. به علاوه، تورین اثرات زیست شناختی چندگانه ای همچون محافظت در برابر سیروز کبدی، اثرات آنتی اکسیدانی، ضد التهابی، ضد آترواسکلروز و ضد چاقی دارد (۳).

بر طبق پیشینه تحقیق تورین نقش های زیست شناختی و فیزیولوژیکی متعددی در ورزشکاران دارد، همچون تنظیم هومئوستاز کلسیم در عضله اسکلتی و بافت قلبی، افزایش نیروی عضله و حساسیت انسولینی، بهبود مصرف انرژی و متابولیسم چربی و جلوگیری از فشار اکسایشی (۴). تورین می تواند بر متابولیسم دستگاه انرژی، به ویژه متابولیسم چربی، تاثیر بگذارد، طوریکه از طریق افزایش در اکسیداسیون چربی می تواند ذخایر کربوهیدرات را افزایش دهد. مکمل سازی تورین می تواند لیپولیز را افزایش دهد و بر مشارکت سیستم های انرژی در طول ورزش پیشینه تاثیر بگذارد (۵). به دلیل اثرات متعدد مرتبط با عمل تورین در بدن انسان، برخی محققان سعی نموده اند رابطه بین این ریزمغذی و تمرین جسمانی را شناسایی نمایند (۴).

تورین از طریق مکانیزم های متعددی همچون بهبود نیمرخ چربی، تعدیل یون کلسیم درون سلولی، اثرات آنتی اکسیدانی و آنتاگونیسم عمل آنژیوتنسنین ۲ به سیستم قلبی-عروقی کمک می کند. غلظت های بالای تورین در قلب و شبکه یافت می شود، اما مقادیر کوچکتر آن را می توان در مغز، کلیه ها، روده کوچک و عضله اسکلتی یافت نمود. تورین از اندام های مختلف در برابر آسیب ناشی از فشار ذهنی و اکسایشی محافظت می کند. به علاوه، نشان داده شده است که گیرنده تورین در سلول های عضله صاف عروق بیان می شود و ممکن است نقش مهمی در عملکرد عروقی بازی کند (۶).

شواهد آشکاری وجود دارد که سطح طبیعی تورین برای عملکرد طبیعی عضله اسکلتی مهم است. اعتقاد بر این است که تورین در عملکردهای سلولی متعددی دخیل است، اما نقش های اصلی آن در عضله اسکلتی عبارت است از تسهیل فرایندهای تحریک-انقباض وابسته به یون کلسیم، کمک به تنظیم حجم سلول و کمک به دفاع آنتی اکسیدانی در برابر پاسخ های استرسی (۷). پیشنهاد شده است که تورین چندین اثر فیزیولوژیکی همچون تنظیم هومئوستاز کلسیم، هم در عضله اسکلتی و هم در بافت قلبی، افزایش نیروی عضله و افزایش حساسیت انسولینی ایجاد می کند. به علاوه، تورین ممکن است متابولیسم کربوهیدرات را بهبود بخشد و بازسازی گلیکوژن را تحریک نماید. همچنین، بهبود زمان رسیدن به واماندگی در دوندگان نیز به دنبال مکمل سازی تورین مشاهده شده است. مکمل سازی تورین سطوح اسیدهای آمینه را در عضله اسکلتی افزایش می دهد، نیروی بیشتری ایجاد می کند و مقاومت و ریکاوری را بهبود می بخشد (۸). با این وجود، مکانیزم های اثرگذاری تورین بر عملکرد عضله اسکلتی در انسان به خوبی شناخته نشده است (۹).

اثر مکمل سازی تورین بر برخی شاخص های قلبی-متابولیک و آمادگی جسمانی آزمودنی های عادی یا ورزشکار تحت بررسی قرار گرفته است. بر اساس یافته های دا سیلوا و همکاران (۲۰۱۴) مکمل سازی تورین عامل مهمی در بهبود عملکرد و کاهش آسیب عضلانی و فشار اکسایشی می باشد اما پاسخ التهابی را پس از تمرین اکسنتریک کاهش نمی دهد (۱۰). در مطالعه ای روی ورزشکاران سه گانه مرد اثر مصرف

ترکیبات موجود در نوشیدنی‌های انرژی‌زا (همچون تورین)، به‌طور کامل تحت مطالعه قرار نگرفته‌اند تا سلامت قلبی-عروقی یا فواید انرژی‌زایی ادعا شده در مورد آنها تایید شود (۱۴). به‌علاوه، یافته‌های موجود در زمینه تاثیر مصرف مکمل تورین بر اجزای آمادگی جسمانی با یکدیگر هم‌خوانی ندارد (۱۰-۱۲، ۸، ۱). علی‌رغم ویژگی‌های عملکردی متعدد آن، مکانیزم‌های سلولی و بیوشیمیایی که اعمال تورین را وساطت می‌کنند نیز تا کنون به‌طور کامل شناخته نشده‌اند (۲). همچنین، تاثیر مکمل‌سازی تورین بر پاسخ شاخص‌های قلبی-متابولیکی به یک جلسه ورزش وامانده‌ساز در مردان فعال (در مطالعه حاضر ورزشکاران رشته تکواندو)، موضوع دیگری است که تا کنون کمتر تحت مطالعه قرار گرفته است (۱۲، ۱۱). بنابراین، تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر مکمل‌سازی تورین بر برخی شاخص‌های قلبی-متابولیکی و اجزای آمادگی جسمانی در وضعیت استراحت و متعاقب یک جلسه ورزش وامانده‌ساز در مردان فعال صورت گرفت.

روش کار آزمودنی‌ها

روش مطالعه حاضر از نوع نیمه‌تجربی شامل گروه آزمایش (مکمل) و کنترل (دارونما) با پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود و مردان تکواندوکار شهرستان سقز با سابقه حداقل دو سال تمرین منظم به عنوان مردان فعال تحت مطالعه قرار گرفتند. نمونه‌گیری تحقیق به صورت در دسترس اما گمارش آزمودنی‌ها به گروه‌ها تصادفی بود. معیارهای ورود به تحقیق شامل عدم ابتلا به بیماری‌های عفونی یا التهابی، عدم انجام جراحی، عدم مصرف هرگونه درمان دارویی یا مکمل‌های تغذیه‌ای، عدم رژیم‌گیری تغذیه‌ای، عدم مصرف الکل و دخانیات در سه ماه قبل از شرکت در مطالعه بود. معیارهای خروج نیز شامل این موارد بود: ابتلا به بیماری، مصرف دارو یا مکمل تغذیه‌ای غیر از مکمل تورین، تغییر در رژیم غذایی، مصرف الکل یا دخانیات، عدم مصرف صحیح مکمل، تغییر در برنامه تمرین و عدم رعایت سایر نکات توصیه شده توسط محقق در طول دوره مطالعه (۱۶، ۱۵). تعداد شرکت‌کنندگان ۲۰ نفر بود که بطور تصادفی به دو گروه مکمل ($n=10$) و کنترل

مکمل ترکیبی تورین و شیر-شکلات پس از تمرین به مدت هشت هفته بررسی شد. یافته‌ها نشان داد این مکمل ترکیبی منجر به افزایش سطوح تورین پلاسما، کاهش سطوح مالون دی‌آلدئید و دفع نیتروژن ادراری و ایجاد تعادل نیتروژنی مثبت می‌گردد. با این وجود، تغییری در شاخص‌های هوازی مشاهده نگردید (۸). ربیرو و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند مکمل‌سازی تورین تحمل گلوکز و حساسیت انسولینی و نیز ترشح انسولین از جزایر ایزوله شده در موش‌ها را بهبود می‌بخشد (۱۰). دیکاروالیو و همکاران (۲۰۱۷ب) اثر مصرف ۶ گرم تورین قبل از دو وهله تلاش بیشینه شنای کرال سینه را با فاصله یک هفته استراحت در شناگران رقابتی مرد بررسی نمودند. بر اساس یافته‌های آنها متعاقب مکمل‌سازی حاد تورین ۱۲۰ دقیقه قبل از اجرای یک تلاش بیشینه تغییری در عملکرد شناگر و سطوح لاکتات مشاهده نشد، اما افزایش بیشتر در سطوح گلیسرول پلاسما و کاهش درصد تغییر در سطوح لاکتات و مشارکت سیستم بی‌هوازی لاکتیکی در مقایسه با گروه دارونما نشان داده شد (۱۱). در مطالعه‌ای روی دوچرخه سواران خوب تمرین کرده، رازرفولد و همکاران (۲۰۱۰) اثر مصرف ۱/۶۶ گرم تورین یک ساعت قبل از یک مسابقه ۹۰ دقیقه‌ای دوچرخه سواری را روی عملکرد استقامتی و متابولیسم بررسی کردند. یافته‌های آنها نشان داد مصرف حاد تورین عملکرد استقامتی را بهبود نمی‌بخشد اما منجر به افزایش اندک ولی معنی‌دار در اکسیداسیون چربی در طول مسابقه می‌شود (۱۲).

بر طبق یک مطالعه فراتحلیلی جدید (۱۳) تحقیقات بیشتری لازم است تا مشخص گردد چه گروه‌های جمعیتی می‌توانند بیشترین فایده را از مکمل‌سازی تورین کسب نمایند و مطالعه روی شرکت‌کنندگان با وضعیت‌های سنی، سلامتی و تمرینی مختلف ضروری به‌نظر می‌رسد (۱۳). از سوی دیگر، در دهه اخیر شاهد بیشترین افزایش در مصرف مکمل‌های انرژی‌زای غیر استروئیدی با هدف ارتقاء عملکرد و تمرکز ورزشی بوده‌ایم که این با افزایش میزان گزارش مسمومیت منجر به اثرات جانبی قلبی-عروقی مصادف بوده است. از جمله ترکیبات فعال در نوشیدنی‌های انرژی‌زا، تورین می‌باشد. با این وجود، به‌جز اثرات کافئین، دیگر

($n=10$) تقسیم شدند. تمام داوطلبان پرسشنامه تاریخچه سلامتی، فرم رضایتنامه کتبی و فرم آمادگی شرکت در فعالیت جسمانی را تکمیل نمودند. روش‌های آزمایشی و پروتکل‌های مطالعه تحت نظارت شورای پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سقز صورت گرفت.

روش اجرا

قبل از شروع مکمل سازی، ابتدا طی یک جلسه توجیهی، اهداف، طرح و روش شناسایی تحقیق، نحوه مکمل سازی تورین و معرفی مختصر آن، ارزیابی‌های آزمایشگاهی (مثلاً نمونه گیری خون) و مراحل و برنامه زمانی تحقیق به طور مفصل برای داوطلبان تشریح گردید. همچنین، نحوه اجرای صحیح آزمون‌های ارزیابی توان هوازی، توان بی هوازی، قدرت عضلانی و استقامت عضلانی به داوطلبان آموزش داده شد. همچنین نکاتی که داوطلبان می‌بایست در طول مطالعه رعایت کنند شامل مواردی که منجر به خروج داوطلبان از جریان تحقیق می‌گردید و نیز نکاتی که قبل از ارزیابی‌های پیش آزمون و پس آزمون ملزم به رعایت آنها بودند، برای آنها تشریح گردید از داوطلبان خواسته شد که در طول دوره تحقیق از هرگونه تغییر در رژیم غذایی روزانه خود اجتناب کنند و فقط تمرین‌هایی را انجام دهند که جز برنامه تمرینی معمول آنهاست. قبل از ارزیابی‌های مرحله پیش آزمون از آزمودنی‌ها خواسته شد که چند نکته را رعایت کنند: ۴۸ ساعت قبل از ارزیابی از انجام هرگونه فعالیت بدنی مازاد بر زندگی روزمره پرهیز کنند، ۲۴ ساعت قبل از ارزیابی هرچه که می‌خورند را در برگه ثبت تغذیه روزانه یادداشت نمایند و در فاصله ۱۲ ساعت قبل از ارزیابی از خوردن و آشامیدن اجتناب نمایند و بصورت ناشتا جهت نمونه‌گیری خون حضور یابند. ارزیابی‌های مرحله پیش آزمون طی دو روز متوالی و حدود ساعت ۸ صبح در باشگاه آمادگی جسمانی اجرا گردید. روز اول، پس از پنج دقیقه استراحت، فشار خون استراحت اندازه‌گیری شد و نمونه خون (۱۰ سی سی) داوطلبان در وضعیت نشسته و از ورید بازویی گرفته شد. بلافاصله آزمون نوارگردان بروس جهت ارزیابی توان هوازی (عملکرد قلبی-تنفسی) به اجرا درآمد. در ادامه و بعد از خوردن صبحانه مشترک، ویژگی‌های آنترپو

متریکی و فیزیولوژیکی داوطلبان شامل قد، وزن، نمایه توده بدن و درصد چربی بدن اندازه‌گیری شد. سپس، آزمون‌های پرس سینه و پرس پا جهت ارزیابی قدرت عضلانی اجرا گردید. روز دوم ابتدا آزمون RAST (آزمون سرعتی بی هوازی بر پایه دویدن) جهت ارزیابی توان بی هوازی و سپس آزمون‌های دراز نشست (Curl Up) و آویزان شدن از میله بارفیکس (Chin Up) جهت ارزیابی استقامت عضلانی اجرا گردید. قبل و پس از اجرای آزمون‌ها، آزمودنی‌ها به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه خود را گرم و سرد می‌نمودند (به ترتیب) و بین آزمون‌های متوالی نیز ۵ دقیقه ریکاوری داده می‌شد. پس از مرحله پیش آزمون، دوره مکمل سازی تورین شروع شد. طول این دوره ۱۴ روز بود. داوطلبان گروه آزمایش هر روز دو وعده دو گرمی تورین و داوطلبان گروه کنترل هر روز دو وعده دو گرمی نشاسته را به صورت کپسول خوراکی، قبل از صبحانه و شام دریافت کردند (۱۶، ۱۵). در میانه دوره مکمل سازی نیز یکبار دیگر داوطلبان برگ ثبت تغذیه روزانه را تکمیل نمودند. در طول دوره مکمل سازی، آزمودنی‌های هر دو گروه برنامه تمرینی معمول خود را تحت نظارت مربی انجام می‌دادند. برنامه تمرینی شامل سه روز در هفته اجرای تمرین‌های عمومی و تخصصی رشته تکواندو بود. مدت زمان هر جلسه تمرین حدود ۹۰ دقیقه مشتمل بر ۱۰ دقیقه گرم کردن، ۷۰ دقیقه تمرین‌های ویژه تکواندو و ۱۰ دقیقه سرد کردن بود. نهایتاً پس از دوره مکمل سازی، مرحله پس آزمون شروع شد. نکات مربوط به قبل از شروع مرحله پیش آزمون، مجدداً قبل از مرحله پس آزمون توسط داوطلبان رعایت گردید. ضمن اینکه ارزیابی‌های مرحله پس آزمون ۴۸ ساعت پس از دوره مکمل سازی صورت گرفت. ترتیب اجرای آزمون‌ها همچون دوره پیش آزمون و طی دو روز صورت گرفت، با این تفاوت که پس از اجرای آزمون بروس (به عنوان یک جلسه ورزش وامانده ساز) سومین نمونه‌گیری خون به عمل آمد. نمونه‌های خون تا زمان اندازه‌گیری شاخص‌های خونی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. جهت کنترل اثر تغذیه روی نمونه‌های خون، از آزمودنی‌ها خواسته شد که در فاصله زمانی یک روز قبل از نمونه‌گیری پیش آزمون هرچه که می‌خورند را دقیقاً در برگه ثبت تغذیه روزانه

دقیقه) حداکثر اکسیژن مصرفی (ثانیه) زمان $\times$
 $0.056 (+)$ (زنان=۲ و مردان=۱) جنسیت $\times 2/82 -$
 $6/70$

زمان = کل زمان آزمون بر حسب ثانیه

آزمون های قدرت عضلانی پرس سینه و پرس پا با استفاده از دستگاه های پرس سینه و پرس پا و از طریق تعیین یک تکرار بیشینه برای هر حرکت اجرا شد. فرد وزنه ای را انتخاب می کند و هر تعداد بار که بتواند به طور صحیح آن را بلند کند ثبت می شود. البته وزنه انتخاب شده نباید به میزانی باشد که فرد بتواند بیشتر از ۱۲ بار آن را بلند کند. در این حالت، می بایست فرد ۱۵ دقیقه استراحت نموده و وزنه سنگین تری برای بلند کردن انتخاب کند و مجدداً آزمون را تکرار کند. 1RM برای هر حرکت از طریق فرمول زیر تعیین گردید (۲۰):
 (تعداد تکرار $\times 0.278$) - $1/0.278 \div$ وزنه بلند شده

1RM = پیش بین شده

آزمون RAST به این صورت اجرا شد که ابتدا وزن ورزشکار تعیین شد. ورزشکار قبل از اجرای آزمون ده دقیقه خود را گرم نموده و پس از آن نیز یک دوره بازیافت پنج دقیقه ای دارد. برای آزمون، ۶ نوبت دوی ۳۵ متری را با حداکثر سرعت طی می کند. آزمون در پیست ۴۰۰ متری اجرا شده و بین دوها ۱۰ ثانیه استراحت داده می شود. زمان مربوط به هر دوی ۳۵ متری با دقت هزارم ثانیه ثبت شده و سپس میانگین توان (مجموع ۶ مقدار تقسیم بر ۶)، حداکثر توان (کمترین مقدار)، حداقل توان (بیشترین مقدار) و شاخص خستگی (تفاضل حداکثر و حداقل توان تقسیم بر مجموع زمان شش نوبت دو) به دست آمد.

آزمون های استقامت عضلانی با استفاده از میله بارفیکس و تشک دازنشست و در باشگاه آمادگی جسمانی اجرا شد. آزمون میله بارفیکس برای ارزیابی استقامت عضلانی عضلات بازو و شانه و به این صورت اجرا گردید که فرد طوری از میله بارفیکس آویزان می شود که کف دست روبه بدن باشد. خود را تا جایی بالا می کشد که چانه هم سطح میله باشد. سپس تا جایی پایین می آید که بازوها صاف شوند. این حرکت را تا حد ممکن تکرار می کند و تعداد تکرار ها شمارش می

یادداشت نمایند و همین رژیم را در روز قبل از نمونه گیری پس آزمون مجدداً تکرار نمایند.

ابزار گردآوری داده ها

وزن بدن با استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل گر ترکیب بدن (حداقل دقت ۰/۱ کیلوگرم، مدل X-CONTACT356، ساخت کره جنوبی) و قد با بکارگیری قدسنج (حداقل دقت ۰/۱ سانتی متر، مارک SECA، مدل ۷۰۳، ساخت مشترک آلمان-چین) اندازه گیری گردید. BMI از طریق تقسیم وزن بدن (kg) بر مجذور قد (m^2) محاسبه شد. چگالی بدن از طریق اندازه گیری چربی زیر جلدی در سه نقطه از بدن (سینه، سه سر و زیر کتف) به وسیله کالیپر (حداقل دقت ۱ میلی متر، مارک Harpenden، ساخت کشور انگلیس) و محاسبه چگالی بدن با استفاده از فرمول جکسون و پولاک برآورد گردید (۱۷):

$$(X_1) + 0.000055 (X_2) - 0.0002440 (X_1)^2 - 0.00013125 (X_2)^2$$

= چگالی بدن $1/11250.25 - 0.00013125$

X_1 = مجموع چربی های سینه، سه سر و زیر کتف

X_2 = سن

سپس BFP با بکارگیری فرمول سائری محاسبه شد (۱۸):

$$45.0 - 49.5 (\text{چگالی بدن}) = \text{درصد چربی بدن}$$

آزمون نوارگردان بروس (جهت ارزیابی توان هوازی و نیز به عنوان یک جلسه ورزش وامانده ساز) با استفاده از نوارگردان (مارک PROTUOS، مدل PMT4550، ساخت کشور تایوان) به اجرا درآمد. در این آزمون آزمودنی تا سر حد واماندگی روی نوارگردان می دود. سرعت و شیب نوارگردان در شروع آزمون به ترتیب روی $2/74$ کیلومتر بر ساعت و ۱۰ درصد تنظیم می شود و در طول اجرای آزمون سرعت و شیب به فواصل زمانی منظم و هر سه دقیقه یک بار مطابق پروتکل بروس افزوده می شود. با شروع دویدن زمان سنج فعال شده و به محض اینکه فرد قادر به دویدن نبود، متوقف می شود. مقدار حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی ها از طریق فرمول زیر تعیین گردید (۱۹):
 $=$ (میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در هر

شود. آزمون درازنشست نیز برای ارزیابی استقامت عضلات شکم و به این شیوه انجام می شود که فرد با زانوهای خمیده روی تشک به پشت دراز می کشد. طوریکه کف پاها روی زمین، دست ها روی ران ها و پشت سر روی دست های یک نفر همکار باشد. فرد به آرامی با استفاده از عضلات شکم خمیده و دست ها روی ران ها به سمت بالا تا جایی می لغزد که نوک انگشتان روی زانوها را لمس کند. سپس به آهستگی به وضعیت شروع بر می گردد. نباید پاها توسط کسی نگه داشته شوند. یک بار درازنشست سه ثانیه زمان می برد، یعنی ۲۰ تکرار در هر دقیقه. فرد باید دراز نشست را تا جاییکه می تواند ادامه دهد. تعداد کل دراز نشست شمارش و ثبت می شود.

فشار خون در حالت نشسته و پس از ۱۰ دقیقه استراحت، با استفاده از اسفیگمومانومتر جیوه‌ای اندازه‌گیری شد، به این ترتیب که اندازه‌گیری دو بار صورت گرفت و میانگین آن محاسبه و ثبت شد. غلظت‌های TG، TC، LDL، HDL و گلوکز با استفاده از کیت‌های شرکت پارس آزمون (ساخت ایران) و دستگاه اتوآنالایزر (مدل BT1500، ساخت کشور ایتالیا) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری سطوح سرمی انسولین (کیت $\text{Insulin CIA}^{\text{TM}}$ محصول شرکت Monobind Inc، آمریکا) با روش الایزا صورت گرفت. محاسبه شاخص مقاومت انسولینی نیز از طریق فرمول زیر صورت گرفت (۲۱):

$$\text{HOMA-AD} = G_0 I_0 / A_0$$

که G_0 سطوح گلوکز بر حسب میلی گرم در دسی لیتر و I_0 سطوح انسولین بر حسب میکروواحد بین‌المللی در میلی لیتر می باشد.

تجزیه و تحلیل آماری

با توجه به فاصله‌ای بودن مقیاس داده‌ها، آزمون‌های پارامتریک جهت تجزیه و تحلیل‌های آماری بکار برده شد. برای توصیف داده‌ها از آمار توصیفی (انحراف معیار $\pm$ میانگین) استفاده شد. جهت بررسی نرمال بودن توزیع جامعه از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف استفاده گردید. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر استفاده شد. گروه (آزمایش یا کنترل) به عنوان عامل بین گروهی و

زمان اندازه‌گیری (قبل از مکمل سازی، پس از مکمل سازی و پس از ورزش وامانده‌ساز) به عنوان عامل درون گروهی در نظر گرفته شد. جهت آزمون مفروضه کرویت از آزمون موخلی استفاده شد و در صورت معنی‌دار بودن این آزمون (برقرار نبودن مفروضه کرویت)، عامل اصلاح اپسیلون گرین هاوس - گیسر به کار گرفته شد. در صورت معنی‌دار بودن اثرات تعاملی، آزمون t مستقل با هدف مقایسه اختلاف پیش‌آزمون - پس‌آزمون دو گروه، جهت تعیین تاثیر مکمل‌سازیتورین بر سطوح استراحتی شاخص‌های قلبی - متابولیکی و اجزای آمادگی جسمانی و با هدف مقایسه اختلاف پس‌آزمون - پس از جلسه ورزش دو گروه، جهت تعیین تاثیر مکمل‌سازی تورین بر پاسخ شاخص‌های قلبی - متابولیکی به یک جلسه ورزش استفاده شد. سطح معنی داری $p < 0.05$ در نظر گرفته شد. تمام تجزیه و تحلیل‌های آماری به وسیله نسخه ۲۲ نرم‌افزار بسته آماری برای علوم اجتماعی (SPSS) صورت گرفت.

یافته‌ها

ویژگی‌های عمومی آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج آزمون t مستقل برای مقایسه میانگین‌های سن، وزن، قد و BMI قبل از مکمل‌سازی تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های آزمایش و کنترل نشان نداد ($\text{sig} > 0.05$).

همچنین، سطوح نیمرخ چربی، مقاومت انسولینی، فشار خون و درصد چربی بدن در وضعیت‌های قبل از مکمل‌سازی (پیش آزمون)، پس از مکمل‌سازی (پس آزمون) و متعاقب یک جلسه ورزش وامانده‌ساز در جدول ۲ و مقادیر اجزای آمادگی جسمانی در وضعیت‌های قبل از مکمل‌سازی (پیش آزمون) و پس از مکمل‌سازی (پس آزمون) در جدول ۳ گزارش شده است.

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر برای متغیرهای وابسته تحقیق در جدول ۴ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، اثر تعاملی بین زمان و گروه در مورد متغیرهای گلوکز، انسولین و مقاومت انسولینی معنی‌دار ($\text{sig} < 0.05$) و در مورد دیگر متغیرهای وابسته غیر معنی‌دار بود ($\text{sig} > 0.05$).

با توجه به معنی‌دار شدن اثر تعاملی برای متغیرهای

جدول ۱- ویژگی های عمومی آزمودنی ها (انحراف معیار $\pm$ میانگین)

پارامتر	آزمایش (n=10)	کنترل (n=10)
سن (سال)	25/9 $\pm$ 8/7	23/0 $\pm$ 8/8
وزن (کیلوگرم)	75/1 $\pm$ 6/1	70/8 $\pm$ 10/4
قد (سانتی متر)	179/9 $\pm$ 3/8	175/4 $\pm$ 8/2
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	23/22 $\pm$ 2/0	22/9 $\pm$ 2/2

* آزمودنی ها (20 نفر) از میان مردان فعال (تکواندوکار) انتخاب شدند. # مقایسه بین میانگین های دو گروه با استفاده از آزمون t مستقل صورت گرفت.

جدول ۲- سطوح نیمرخ چربی، مقاومت انسولینی، فشار خون و درصد چربی بدن در وضعیت های پیش آزمون، پس آزمون و متعاقب یک جلسه ورزش وامانده ساز (انحراف معیار $\pm$ میانگین)

متغیر	آزمون	گروه تجربی	گروه کنترل
		انحراف میانگین	انحراف میانگین
کلسترول تام	پیش آزمون	189/0	194/9
(میلی گرم بر دسی لیتر)	پس آزمون	170/6	176/9
تری گلیسرید	پس از ورزش وامانده ساز	174/4	164/7
(میلی گرم بر دسی لیتر)	پیش آزمون	155/9	162/0
	پس آزمون	132/4	139/2
HDL	پس از ورزش وامانده ساز	132/2	135/3
(میلی گرم بر دسی لیتر)	پیش آزمون	49/7	46/9
	پس آزمون	48/3	46/3
LDL	پس از ورزش وامانده ساز	45/0	42/0
(میلی گرم بر دسی لیتر)	پیش آزمون	79/6	96/11
	پس آزمون	79/5	79/9
درصد چربی بدن	پس از ورزش وامانده ساز	68/7	69/5
(درصد)	پیش آزمون	9/6	8/9
	پس آزمون	9/7	9/1
فشار خون سیستولیک	پس از ورزش وامانده ساز	121/1	121/1
(میلی متر جیوه)	پیش آزمون	120/6	120/6
	پس آزمون	77/5	80/0
فشار خون دیاستولیک	پس از ورزش وامانده ساز	78/1	81/0
(میلی متر جیوه)	پیش آزمون	92/0	85/9
گلوکز	پس آزمون	85/1	87/9
(میلی گرم بر دسی لیتر)	پس از ورزش وامانده ساز	78/7	79/7
انسولین	پیش آزمون	2/4	2/2
(میکروواحد بین المللی)	پس آزمون	2/1	2/2
بر میلی لیتر	پس از ورزش وامانده ساز	1/9	2/1
مقاومت انسولینی	پیش آزمون	0/6	0/5
	پس آزمون	0/5	0/5
	پس از ورزش وامانده ساز	0/4	0/4

* آزمودنی ها (20 نفر) از میان مردان فعال (تکواندوکار) انتخاب شدند.

تجزیه و تحلیل های آماری با استفاده از آزمون تجزیه و تحلیل واریانس با اندازه گیری های مکرر صورت گرفت.

بر سطوح استراحتی شاخص های مذکور تاثیر معنی داری دارد، در حالیکه نتایج آزمون t مستقل جهت مقایسه اختلاف میانگین های پس آزمون-پس از جلسه ورزش دو گروه برای متغیرهای گلوکز ($t=0/820$ و $\text{sig}=0/057$) و مقاومت انسولینی ($t=0/816$ و $\text{sig}=0/427$) نشان داد

گلوکز، انسولین و مقاومت انسولینی، از آزمون های تعقیبی استفاده شد. نتایج آزمون t مستقل جهت مقایسه اختلاف میانگین های پیش آزمون-پس آزمون دو گروه برای متغیرهای گلوکز ($t=6/140$ و $\text{sig}=0/001$)، انسولین ($t=3/549$ و $\text{sig}=0/003$) و مقاومت انسولینی ($t=8/101$ و $\text{sig}=0/001$) نشان داد مکمل سازی تورین

جدول ۳ - مقادیر اجزای آمادگی جسمانی در وضعیت‌های پیش از آزمون و پس از آزمون (انحراف معیار $\pm$ میانگین)

متغیر	آزمون	گروه تجربی		گروه کنترل	
		میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد
توان هوازی (میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در دقیقه)	پیش از آزمون	۴۱/۸	۸/۶	۳۸/۴	۸/۸
	پس از آزمون	۴۶/۱	۸/۳	۴۱/۲	۷/۸
استقامت عضلانی (درازونشست) (تعداد)	پیش از آزمون	۵۰/۷	۸/۷	۵۳/۰	۶/۶
	پس از آزمون	۵۴/۶	۵/۲	۵۷/۵	۴/۴
استقامت عضلانی (بارفیکس) (تعداد)	پیش از آزمون	۹/۸	۲/۲	۱۰/۴	۴/۰
	پس از آزمون	۱۰/۴	۱/۲	۱۱/۱	۳/۷
توان بی هوازی (ثانیه)	پیش از آزمون	۷/۰	۰/۶	۶/۶	۰/۴
	پس از آزمون	۶/۴	۰/۵	۶/۰	۰/۵
قدرت عضلانی (پرس سینه) (کیلوگرم)	پیش از آزمون	۵۴/۶	۵/۷	۵۰/۵	۸/۵
	پس از آزمون	۵۶/۳	۵/۷	۵۱/۳	۸/۶
قدرت عضلانی (پرس پا) (کیلوگرم)	پیش از آزمون	۱۰۷/۲	۱۱/۱	۹۷/۶	۱۵/۹
	پس از آزمون	۱۰۹/۴	۹/۸	۱۰۰/۰	۱۳/۹

* آزمودنی‌ها (۲۰ نفر) از میان مردان فعال (تکواندوکار) انتخاب شدند.

تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از آزمون تجزیه و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر صورت گرفت.

جدول ۴ - نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر برای متغیرهای وابسته تحقیق (اثر تعاملی)

پارامتر	F	sig	پارامتر	F	sig
کلسترول تام (میلی گرم بر دسی لیتر)	۰/۰۰۶	۰/۹۴۱	انسولین (میکروواحد بین المللی بر میلی لیتر)	۱۴/۰۰۰	۰/۰۰۱*
تری گلیسرید (میلی گرم بر دسی لیتر)	۰/۳۵۹	۰/۶۴۵	مقاومت انسولینی	۲۲/۲۵۶	۰/۰۰۱*
HDL (میلی گرم بر دسی لیتر)	۰/۰۲۳	۰/۹۵۳	توان هوازی (میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در دقیقه)	۰/۷۳۸	۰/۴۰۳
LDL (میلی گرم بر دسی لیتر)	۱/۸۵۱	۰/۱۸۳	استقامت عضلانی (درازونشست) (تعداد)	۰/۱۵۲	۰/۷۰۲
چربی بدن (درصد)	۰/۰۴۱	۰/۸۴۱	استقامت عضلانی (بارفیکس) (تعداد)	۰/۰۰۱	۱/۰۰۰
فشار خون سیستولیک (میلی متر جیوه)	۰/۰۰۱	۱/۰۰۰	توان بی هوازی (ثانیه)	۰/۳۲۸	۰/۵۷۵
فشار خون دیاستولیک (میلی متر جیوه)	۱/۰۰۰	۱/۳۳۲	قدرت عضلانی (پرس سینه) (کیلوگرم)	۱/۵۹۶	۰/۲۲۵
گلوکز (میلی گرم بر دسی لیتر)	۱۰/۹۴۹	۰/۰۰۱*	قدرت عضلانی (پرس پا) (کیلوگرم)	۰/۰۲۲	۰/۸۸۵

* معنی‌دار در سطح $p < ۰/۰۵$

مکمل‌سازی تورین بر پاسخ این شاخص‌ها به یک جلسه ورزش تاثیر معنی‌داری ندارد.

بحث

بر اساس یافته‌های تحقیق، یک دوره مکمل‌سازی تورین تاثیری بر سطوح توان هوازی، استقامت عضلانی، توان بی هوازی، قدرت عضلانی، فشار خون، درصد چربی بدن و نیمرخ چربی مردان فعال ندارد، اما سطوح گلوکز، انسولین و مقاومت انسولینی را کاهش می‌دهد. همچنین، مکمل‌سازی تورین تاثیری بر پاسخ نیمرخ چربی، گلوکز، انسولین و مقاومت انسولینی به یک جلسه ورزش در مردان فعال ندارد.

یافته‌های تحقیق نشان داد یک دوره مکمل‌سازی تورین به مدت چهارده روز و مصرف روزانه چهار گرم، تاثیری بر اجزای آمادگی جسمانی وابسته به سلامت

همچون توان هوازی، استقامت عضلانی، قدرت عضلانی و توان بی هوازی در مردان فعال ندارد. هم‌راستا با یافته‌های مطالعه حاضر، در تحقیقات مارتینز گالان و همکاران (۲۰۱۷) و وارد و همکاران (۲۰۱۶) نیز عدم تاثیر مصرف مکمل تورین بر برخی شاخص‌های آمادگی جسمانی نشان داده شده است (۲۳، ۲۲). در مطالعه مارتینز گالان و همکاران (۲۰۱۷) به دنبال یک دوره هشت هفته‌ای مکمل‌سازی تورین همراه با شیر-شکلات کم چرب در ورزشکاران سه گانه مرد، هیچ گونه تغییری در شاخص‌های عملکرد جسمانی، آستانه بی هوازی، میزان فشار درک شده و ضربان قلب مشاهده نشد (۲۲). وارد و همکاران (۲۰۱۶) نیز دریافتند مصرف ۱۰۰۰ میلی گرم تورین قبل از تمرین مزیت عملکردی برای آزمون دوچرخه سواری ۴ کیلومتر ندارد و پاسخ‌های بافرینگ خون در دوچرخه سواران تمرین

کرده را تغییر نمی دهد (۲۳). با این وجود، یافته های تحقیق حاضر با یافته های برخی تحقیقات پیشین موافق نمی باشد. به عنوان مثال، در تحقیق بیرانوند و همکاران (۲۰۱۱) به دنبال دو هفته مکمل سازی تورین مدت زمان تمرینی، هم ارزهای متابولیکی و مسافت تمرینی در بیماران مبتلا به نارسایی قلبی افزایش یافت. بر اساس یافته های این محققان مکمل سازی تورین در بیماران نارسایی قلبی که تحت درمان استاندارد هستند می تواند ظرفیت تمرین آنها را افزایش دهد (۲۴). ژانگ و همکاران (۲۰۰۴) نیز به دنبال مکمل سازی تورین افزایش های معنی داری در VO_{2max} ، زمان رسیدن به واماندگی تمرینی و بار کاری بیشینه مشاهده نمودند. همچنین، پس از مکمل سازی، تغییر در غلظت تورین همبستگی های معنی داری با تغییرات در زمان رسیدن به واماندگی تمرینی و بار کاری بیشینه نشان داد. یافته های آنها نشان داد تورین ممکن است به دلیل برخورداری از ویژگی های محافظتی سلولی، آسیب DNA ناشی از تمرین را تقلیل و ظرفیت تمرینی را در مردان جوان سالم افزایش دهد (۲۵). بالشاو و همکاران (۲۰۱۳) نیز اثر خوردن حاد تورین بر عملکرد دوی سه کیلومتر را در دوندگان تیمه استقامتی تمرین کرده بررسی نمودند. اگرچه عملکرد دوی سه کیلومتر بهبود یافت، اما مصرف اکسیژن نسبی، ضربان قلب، میزان فشار درک شده و لاکتات خون تغییر نکرد. تأثیر بالقوه تورین بر متابولیسم تمرین ممکن است تعامل با غشای عضله، هماهنگی یا قابلیت تولید نیروی عضلات درگیر را شامل شود (۲۶). همچنین، در یک مطالعه غلظت تورین در عضلات اسکلتی موش پس از دو استقامتی، با و بدون تجویز تورین تحت مطالعه قرار گرفته است. بر اساس یافته های این مطالعه، غلظت های تورین در عضلات اسکلتی به طور معنی داری در گروه های تمرین کرده بدون تجویز تورین کاهش یافت. با این وجود، تجویز تورین کاهش غلظت تورین در عضلات اسکلتی در تمرین را کاهش داد. تجویز خوراکی تورین برای حفظ غلظت تورین در عضلات اسکلتی در تمرین اثرگذار است (۲۷). به هر حال، به نظر می رسد تحقیقات بیشتری جهت شناسایی نقش تورین در بهبود اجزای آمادگی جسمانی می بایست صورت گیرد. از جمله دلایل عدم همخوانی یافته های مطالعه حاضر با تحقیقات

پیشین را می توان تفاوت های روش شناسی این مطالعات همچون اجزای آمادگی جسمانی تحت مطالعه قرار گرفته، وضعیت سلامتی آزمودنی ها (سالم یا بیمار)، فاصله زمانی بین پایان دوره مکمل سازی و انجام ارزیابی های آمادگی جسمانی، شیوه مکمل سازی (کوتاه یا بلند مدت) و گونه آزمودنی ها (موش یا انسان) برشمرد (۲۷-۲۵، ۱۰).

بیشتر تحقیقات، اهمیت تورین در عضله اسکلتی جوندگان را از طریق تنظیم کاهشی و افزایشی محتوای تورین عضله و ارزیابی اثرات بر عملکرد عضله اسکلتی در وضعیت استراحت و در طول فشار انقباض ها (تمرین) تحت مطالعه قرار داده اند. یک رویکرد تحقیقی موفق، مکمل سازی رژیم غذایی با تورین می باشد که منجر به افزایش هایی در محتوای تورین عضله و عملکرد انقباضی در جوندگان می شود. با این وجود، این رویکرد در عضله اسکلتی انسان کار نمی کند چرا که فرایندهای دخیل در انتقال تورین به درون عضله به افزایش های بزرگ و طولانی مدت در تورین پلاسما به دنبال مکمل سازی تورین مقاوم هستند. در حال حاضر، تلاش با هدف تأثیر بر عملکرد عضله به وسیله مکمل سازی تورین فقط می تواند از طریق تعاملات خارج از سلول عضلانی در انسان صورت گیرد (۷).

پیشنهاد شده است که تورین می تواند عملکرد عضلانی و سطوح لاکتات خون را از طریق مکانیزم های زیر بهبود بخشد: تعامل بین غشای عضله اسکلتی و تورین، افزایش رهاسازی کلسیم برای فیلامان های انقباضی عضله اسکلتی که تولید نیرو را افزایش می دهد و افزایش بافرینگ میتوکندریایی. همچنین، بیان شده است که شدت و سرعت اجرا در طول تمرین قویاً با سطوح بالای تورین در ارتباط است، که این احتمالاً نشانگر رهاسازی آن به درون تارهای عضلانی می باشد. همچنین، نشان داده شده است که سطوح بالای تورین ممکن است منعکس کننده تغییرات در ویژگی های الکتروفیزیکی غشای عضله اسکلتی یا اسمولالیتیه خون در نتیجه رهایش همزمان آن با آب جهت حفظ حجم پلاسما و هومئوستاز کلسیم باشد. به علاوه، تورین با بافرینگ اسید لاکتیک در سلول های مغز و عضله اسکلتی موش ها مرتبط است. با این وجود، سطوح لاکتات خون پس از تمرین به دنبال مکمل سازی تورین

در ورزشکاران بدون تغییر می‌ماند. همچنین، نقش مفید تورین در پیشگیری از آتروفی عضله اسکلتی در نتیجه سوء استفاده از آن نشان داده شده است (۸). مطابق با مطالعه روی موش‌ها، به نظر می‌رسد یکی از مکانیزم‌هایی که از طریق آن تجویز تورین منجر به افزایش عملکرد تمرینی می‌شود، کاهش‌های ناشی از تورین در اسیدهای آمینه ترئونین، سرین و گلیسین در عضلات اسکلتی باشد. این اسیدهای آمینه به عنوان پیش‌سازهای پروتئین جهت گلوکونئوژنز کبدی دسته‌بندی می‌شوند (۲۸). همچنین، قابلیت تورین برای کنترل عملکرد کانال‌های یونی و در نتیجه تحریک پذیری غشا و نیز هومئوستاز کلسیم و جفت شدن تحریک-انقباض نشان داده شده است. شواهد جدیدی در مورد مکانیزم عمل تورین (از تعدیل متابولیسم عضله تا کنترل رونویسی ژن) و مکانیزم‌های مختص گونه جاندار که سطوح سلولی آن در هر دو وضعیت مزمن و حاد را پایه‌گذاری می‌کنند، در حال ظهور است. به‌علاوه، اثرات وسیع و به هم پیوسته مشاهده شده از نقش کلیدی این اسید آمینه در عملکرد مناسب عضله حمایت می‌کند و گرایش به آن به عنوان یک عامل درمانی در اختلالات عضلانی موروثی و اکتسابی مختلف را تقویت می‌کند. هر دو نوع اثرات حاد و مزمن مکمل‌سازی تورین امکان‌پذیر است و احتمالاً با مقیاس زمانی متفاوت و اگرچه به میزان مشابهی جالب و مهم، رخ می‌دهد. اگرچه تمایز دقیقی لحاظ نشده است، اما قابل پیش‌بینی است که اثرات حاد تورین در شرایط آشفتگی‌های سریع محسوس‌تر است، همچون در حالت تمرین یا به هنگام تعدیل مستقیم کانال یونی یا در عضلاتی که وابستگی بیشتری به تورین برونزاد دارند، همچون تارهای تند انقباض. به موازات آن، اثرات مزمن تورین -که احتمالاً از طریق تغییرات در محتوای درون سلولی همراه است- برای کنترل طولانی مدت عملکرد عصبی-عضلانی در وضعیت‌های پیش‌رونده همچون دیستروفی یا عدم استفاده از عضله یا اختلال عملکرد وابسته به پیری حائز ارزش است. در این راستا، شواهد بیشتری جهت درک بهتر فایده تورین برای تضمین عملکرد عضلانی مناسب در انسان در مقایسه با حیوانات لازم است (۲۹).

همچنین، یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد فشار

خون استراحتی مردان فعال به دنبال یک دوره مکمل‌سازی تورین به مدت چهارده روز و با مقدار مصرف روزانه چهار گرم تغییری نمی‌کند. مطالعات اندکی اثر مصرف تورین بر فشار خون استراحتی را به-ویژه در مردان فعال بررسی نموده‌اند. مطالعات همه-گیرشناسی کاهش در اسیدهای آمینه سولفوری در بیماران پرفشار خونی را نشان داده‌اند. چندین مطالعه بالینی گزارش نموده‌اند که رژیم‌های غذایی غنی از تورین می‌توانند خطرات قلبی-عروقی را صرفنظر از زمینه نژادی و جنسیتی کاهش دهند. به‌علاوه، مطالعات حیوانی نشان داده‌اند که تخلیه تورین توسعه فشار خونی ناشی از نمک بالا را شتاب می‌بخشد. اگرچه نشان داده شده است که تورین فشار خون را در چندین مدل حیوانی پرفشار خونی کاهش می‌دهد، مطالعات بالینی طولانی مدت و دقیق اندکی این اثر مفید را در پرفشار خونی انسانی تایید نموده‌اند (۳). هارادا و همکاران (۲۰۰۴) اثر مکمل‌سازی تورین بر فشار خون و پارامترهای متابولیکی سرم را در موش‌های تغذیه شده با فروکتوز ارزیابی نمودند. یافته‌های آنها نشان داد تورین ممکن است پرفشارخونی ناشی از فروکتوز در موش‌ها را از طریق جلوگیری از افزایش غلظت کلسیم آزاد دزون سلولی اصلاح کند. به نظر می‌رسد که در این مدل حیوانی، اثر کاهنده فشار خون تورین از اثر آن روی متابولیسم گلوکز و لیپید مستقل باشد (۳۰). سان و همکاران (۲۰۱۶) نیز تاثیر دوازده هفته مکمل‌سازی تورین بر فشار خون و عملکرد عروقی را در افراد دارای وضعیت پیش پرفشار خونی بررسی نمودند. بر اساس یافته‌های آنها، مکمل‌سازی تورین فشار خون بالینی و سر پای ۲۴ ساعته را به ویژه در افراد با فشار خون بالا-طبیعی به‌طور معنی‌داری کاهش داد. همچنین، مکمل‌سازی تورین اتساع عروقی وابسته و غیر وابسته به اندوتلیوم را بهبود بخشیده و غلظت‌های پلاسمایی H_2S و تورین را افزایش داد. به‌علاوه، در افراد واجد پیش پرفشار خونی که تحت مکمل‌سازی تورین قرار گرفتند تغییرات فشار خون با سطوح H_2S و تورین پلاسما همبستگی منفی داشت. یافته‌های آنها نشان داد مکمل تورین بیان آنزیم‌های سنتزکننده H_2S را تنظیم افزایشی نموده و واکنش عروقی ناشی از آگونیست را از طریق مهار ریزش کلسیم وساطت شده با زیر نوع سه

مدت تورین (۲۸ هفته) از طریق مهار آدیپوژنز در بافت چربی سفید، اما نه در بافت چربی قهوه‌ای، اثر ضد چاقی به‌همراه دارد (۳۳). مقایسه روش‌شناختی مطالعات موجود نشان می‌دهد طول دوره مکمل‌سازی تورین عامل مهمی در تعیین اثرات ضد چاقی آن به شمار می‌رود و همین عامل می‌تواند یکی از دلایل احتمالی تفاوت در یافته‌های مطالعات صورت گرفته باشد (۳۳-۳۱).

همچنین، یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد مصرف روزانه چهار گرم تورین به مدت چهارده روز تاثیری بر سطوح استراحتی و متعاقب یک جلسه ورزش وامانده‌ساز نیم‌رخ چربی در مردان فعال ندارد. مطالعه پیشینه تحقیق نشان می‌دهد تاثیر مکمل‌سازی تورین بر سطوح در گردش نیم‌رخ چربی در افراد سالم و با رژیم غذایی عادی کمتر تحت بررسی قرار گرفته است. چوی و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند مکمل‌سازی تورین به مدت ۵ هفته غلظت‌های پلاسمایی کلسترول تام، گلوکز و کلسترول LDL را به‌طور معنی‌داری در موش‌های تغذیه شده با رژیم غذایی با کلسترول بالا در مقایسه با موش‌های تغذیه شده با رژیم غذایی کنترل کاهش داد. همچنین، سطح کلسترول HDL نیز افزایش یافت. با این وجود، مکمل‌سازی تورین تغییر مشخصی در حصول وزن بدن و غذای دریافتی ایجاد نکرد (۳۴). در مطالعه‌ای روی موش‌های مبتلا به کم‌کاری تیروئید نیز مکمل‌سازی تورین سطوح تری‌گلیسرید سرم را مطابق یک روش وابسته به دوز کاهش داد (۳۵). المسلمی و همکاران (۲۰۱۰) نیز دریافتند در موش‌های تغذیه شده با فروکتوز بالا سطوح افزایش یافته تری‌گلیسرید، کلسترول تام و کلسترول LDL به دنبال مکمل‌سازی تورین اصلاح شد (۳۶). در مطالعه میزوشیما و همکاران (۱۹۹۶) نیز اثرات مکمل‌سازی تورین بر چربی‌ها در مردان جوان سالم تحت رژیم‌های غذایی با چربی و کلسترول بالا بررسی شد. بر طبق یافته‌های آنها، مکمل‌سازی تورین افزایش در کلسترول تام، کلسترول LDL و LDL را در مردان سالم تحت رژیم‌های با کلسترول بالا کاهش می‌دهد، اما افزایش‌های معنی‌داری در کلسترول VLDL، VLDL و تری‌گلیسرید ایجاد می‌کند که از طریق اثر محتمل تورین روی لیپوپروتئین لیپاز قابل توجیه است (۳۷).

کانال پتانسیلی گیرنده آنی در شریان‌های مزانتریک انسان و موش کاهش داد. این محققان نتیجه گرفتند اثر ضد پرفشار خونی مکمل‌سازی طولانی مدت تورین نوید درمان پیش پرفشار خونی را از طریق بهبود عملکرد عروقی می‌دهد (۳). تحقیقات بیشتری جهت نمایان ساختن نقش مکمل‌سازی تورین در تغییر فشار خون استراحتی مردان فعال مورد نیاز است. تفاوت در گونه آزمودنی‌ها در مطالعات موجود (انسان یا موش)، طول دوره مکمل‌سازی و وضعیت سلامتی آزمودنی‌ها (سالم یا مبتلا به پرفشاری خون) از جمله دلایل احتمالی ناهمسو بودن یافته‌ها می‌باشد (۳۰، ۳).

بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر یک دوره مکمل‌سازی تورین به مدت چهارده روز و مصرف روزانه چهار گرم تاثیر بر درصد چربی بدن مردان فعال ندارد. این یافته با یافته‌های محققان پیشین همچون کامارگو و همکاران (۲۰۱۳) و لارسن و همکاران (۲۰۱۳) هم‌خوانی دارد (۳۲، ۳۱). در مطالعه کامارگو و همکاران (۲۰۱۳) موش‌های نر به دو گروه کنترل (رژیم غذایی با ۱۴ درصد پروتئین) و محدودیت پروتئینی (رژیم غذایی با ۵ درصد پروتئین) تقسیم شدند. سپس، به مدت هشت هفته هر دو گروه یک رژیم غذایی با چربی بالا دریافت کردند. در ادامه، نصف گروه‌های تغذیه شده با رژیم غذایی با چربی بالا تحت مکمل‌سازی تورین ۵ درصد قرار گرفتند. یافته‌های این مطالعه نشان داد مکمل‌سازی تورین میزان چاقی را فقط در گروه کنترل تغذیه شده با رژیم غذایی با چربی بالا و مکمل‌سازی تورین تقلیل داد و این تغییر در گروه محدودیت پروتئینی تغذیه شده با رژیم غذایی با چربی بالا و مکمل‌سازی تورین مشاهده نشد (۳۱). در مطالعه لارسن و همکاران (۲۰۱۳) نیز اثر یک دوره ۲۶ هفته‌ای مکمل‌سازی تورین در موش‌های ویستار تغذیه شده با فروکتوز بررسی گردید. اگرچه ترکیب فروکتوز و تورین غلظت گلوکز ناشتا و تحمل گلوکز را در مقایسه با گروه کنترل بهبود بخشید، اما نه رژیم غذایی با فروکتوز بالا و نه مکمل‌سازی تورین تغییرات معنی‌داری در وزن بدن، چربی بدن یا کل کالری دریافتی، سطوح انسولین ناشتا یا HOMA-IR ایجاد نکرد (۳۲). کیم و همکاران (۲۰۱۹) با مطالعه روی موش‌های واجد چاقی ناشی از رژیم غذایی با چربی بالا، دریافتند مکمل‌سازی طولانی

احتمالاً تفاوت‌های ویژگی‌های آزمودنی‌های مطالعه حاضر با تحقیقات پیشین همچون گونه (موش یا انسان) (۳۶، ۳۴)، وضعیت تغذیه‌ای (رژیم غذایی طبیعی، پر چربی یا پر کربوهیدرات) (۳۶-۳۷، ۳۴) و وضعیت سلامتی آزمودنی‌ها (سالم یا بیمار مثلاً مبتلا به کم‌کاری تیروئید) (۳۷، ۳۵) را می‌توان برای عدم هم‌خوانی یافته‌ها ذکر نمود.

تورین می‌تواند ۷-آلفا-هیدروکسیلاز (آنزیم محدودکننده سرعت در تولید اسیدهای صفراوی) را تنظیم افزایشی کند و سطوح mRNA آن را افزایش دهد. تورین ممکن است سطوح کلسترول را از طریق تنظیم افزایشی گیرنده LDL کبدی و/یا از طریق بهبود اتصال LDL به آنها کاهش دهد. نتیجتاً، تورین گردش (turnover) LDL در خون را افزایش می‌دهد. قابلیت تورین برای کاهش سطح کلسترول تام می‌تواند مداخله‌گر اصلی در کاهش شاخص رگ‌زایی باشد (۳۶). مطابق با یافته‌های تحقیق حاضر مصرف روزانه چهار گرم تورین به مدت چهارده روز سطوح استراحتی گلوکز، انسولین و مقاومت انسولینی را در مردان فعال کاهش داد، اما تاثیری بر سطوح متعاقب یک جلسه ورزش وامانده‌ساز نداشت. این یافته‌ها با یافته‌های ریبری و همکاران (۲۰۰۹)، کارنیرو و همکاران (۲۰۰۹) و سانتوس-سیلوا و همکاران (۲۰۱۵) هم‌خوانی داد (۳۹، ۳۸، ۱۰)، اما با یافته‌های لارسن و همکاران (۲۰۱۳) و گالووی و همکاران (۱۹۸۵) هم‌سو نمی‌باشد (۴۰، ۳۲). ریبری و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند مکمل‌سازی تورین تحمل گلوکز و حساسیت انسولینی و نیز ترشح انسولین در موش‌ها را بهبود می‌بخشد. به‌نظر می‌رسد اثر تورین روی ترشح انسولین دست کم تا حدودی وابسته به دسترسی بهتر جزایر لوزالمعده‌ای به یون کلسیم باشد (۱۰). کارنیرو و همکاران (۲۰۰۹) نیز متعاقب یک دوره ۳۰ روزه مکمل‌سازی تورین در موش‌ها نشان دادند تورین هومئوستاز گلوکز را از طریق تنظیم بیان ژن‌های لازم برای ترشح انسولین تحریک شده با گلوکز کنترل می‌کند. به‌علاوه، تورین حساسیت انسولینی محیطی را افزایش می‌دهد (۳۸). همچنین، سانتوس-سیلوا و همکاران (۲۰۱۵) دریافتند تورین هومئوستاز گلوکز را از طریق تنظیم مورفوفیزیولوژی سلول‌های آلفا، بتا و گاما در موش‌های چاق بهبود

می‌بخشد که این نشان می‌دهد تورین ممکن است یک ابزار درمانی برای حفظ عملکرد درون‌ریزی لوزالمعده در چاقی و دیابت باشد (۳۹). در مقابل، گالووی و همکاران (۱۹۸۵) نشان دادند هفت روز مصرف مکمل تورین منجر به افزایش سیزده برابری در غلظت تورین پلاسما می‌شود، اما تغییری در محتوای تورین عضله اسکلتی یا اکسیداسیون کربوهیدرات و چربی در طول جلسه تمرین ایجاد نمی‌کند، اما به‌نظر می‌رسد تا حدودی بر پاسخ اسید آمینه عضله به تمرین اثرگذار باشد (۴۰). تحقیقات اندکی به بررسی اثر مکمل‌سازی تورین بر سطوح گلوکز، انسولین و مقاومت انسولینی و پاسخ این شاخص‌ها به یک جلسه ورزش وامانده‌ساز در افراد فعال و سالم پرداخته‌اند. به‌نظر می‌رسد از جمله دلایل عدم هم‌خوانی یافته‌های مطالعه حاضر با برخی مطالعات پیشین تفاوت‌های مشهود در روش‌شناسی این مطالعات از جنبه طول دوره مکمل‌سازی، مقدار مصرف روزانه مکمل، وضعیت سلامتی، گونه و نژاد آزمودنی‌های تحت مطالعه باشد (۴۰-۳۸، ۳۲، ۱۰).

نتیجه‌گیری

تعداد آزمودنی‌ها، کنترل تغذیه دقیق در طول دوره مکمل‌سازی و وجود مطالعات مشابهی که بتوان یافته‌های مربوط به اثر مکمل‌سازی تورین بر سطوح نیمرخ چربی و شاخص‌های گلیسمیک متعاقب یک جلسه ورزش وامانده‌ساز را با آنها مقایسه نمود، از جمله محدودیت‌های مطالعه حاضر می‌باشد که توجه به آنها در مطالعات بعدی می‌تواند به غنای تحقیقی در این زمینه بیفزاید.

اجرای مطالعات مشابهی در دیگر گروه‌های جمعیتی (مثلاً مردان کم تحرک یا بیماران قلبی-عروقی)، روی شمار دیگری از شاخص‌های عملکرد جسمانی یا قلبی-متابولیکی، با دوزها یا دوره‌های متفاوت مکمل‌سازی تورین یا همراه با مداخله تمرین جسمانی می‌تواند زمینه‌های پژوهشی نوینی در اختیار پژوهشگران قرار داده و به غنای علمی در این حیطه بیفزاید.

به‌نظر نمی‌رسد مکمل‌سازی تورین به مدت چهارده روز و با مقدار مصرف روزانه چهار گرم بتواند بر اجزای آمادگی جسمانی، فشار خون، درصد چربی بدن و سطوح استراحتی و متعاقب یک جلسه ورزش وامانده

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. *Front Physiol*. 2017a; 8:710.

9. Spriet LL, Whitfield J. Taurine and skeletal muscle function. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2015; 18(1): 96-101.

10. Ribeiro RA, Bonfleur ML, Amaral AG, Vanzela EC, Rocco SA, Boschero AC, et al. Taurine supplementation enhances nutrient-induced insulin secretion in pancreatic mice islets. *Diabetes Metab Res Rev*. 2009; 25(4): 370-9.

11. 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*. 2017b; doi: 10.1007/fphys.2017.00710

12. 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*. 2010; 20(4): 322-9.

13. Waldron M, Patterson SD, Tallent J, Jeffries O. The Effects of an Oral Taurine Dose and Supplementation Period on Endurance Exercise Performance in Humans: A Meta-Analysis. *Sports Med*. 2018; 48(5): 1247-1253.

14. Wassef B, Kohansieh M, Makaryus AN. Effects of energy drinks on the cardiovascular system. *World J Cardiol*. 2017; 9(11): 796-806.

15. Shirvani H, Riahi MBS, Akbarpour BM, Kazemzadeh Y. The effects of taurine supplementation with high intensity intermittent exercise on serum il-6 and tnf- α in well-trained soccer players. *Sport Biosci*. 2013; 5(17): 59-79.

16. Shirvani H, Rostamkhani F, Sobhani V. The Interactive effect of taurine supplementation and intensive training protocols on serum inflammatory cytokines (IL-6 and TNF- α) levels in elite soccer players. *Iran J Nutr Sci Food Technol*. 2015; 10 (3): 29-38.

17. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr*. 1978; 40:497-504.

18. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1961. *Nutrition*. 1993; 9:480-91.

19. Noonan V, Dean E. Submaximal exercise testing: clinical application and interpretation. *Phys Ther*. 2000; 80(8): 782-807.

20. Maud PJ, Foster C. Physiological assessment of human fitness. *Hum Kinetics*. 2006; 2nd ed. Pp. 185-190.

21. Matsuhisa M, Yamasaki Y, Emoto M, Shimabukuro M, Ueda S, Funahashi T, et al. A novel index of insulin resistance determined from the

ساز نیمرخ چربی در مردان فعال اثرگذار باشد، اما سطوح استراحتی گلوکز، انسولین و مقاومت انسولینی را کاهش می دهد.

تقدیر و تشکر

مقاله حاضر گزارشی مستخرج از پایان نامه های کارشناسی ارشد رشته فیزیولوژی ورزشی (کدهای ۲۴۷۲۱۴۲۳۹۵۲۰۰۴ و ۲۴۷۲۱۴۲۳۹۵۲۰۰۵) می باشد که با حمایت و نظارت دانشگاه آزاد اسلامی واحد سقز به اجرا رسیده است. از معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سقز و به ویژه از تمامی داوطلبان عزیزی که بزرگوارانه محقق را در اجرای این پژوهش یاری رساندند (تیم تکواندوی مجتمع ورزشی ۲۲ بهمن شهرستان سقز)، صمیمانه تشکر و قدردانی به عمل می آید.

References

1. da Silva LA, Tromm CB, Bom KF, Mariano I, Pozzi B, da Rosa GL, et al. Effects of taurine supplementation following eccentric exercise in young adults. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2014; 39(1): 101-4.
2. Ripps H and Shen W. Review: Taurine: A "very essential" amino acid. *Mol Vis*. 2012; 18: 2673-2686.
3. Sun Q, Wang B, Li Y, Sun F, Li P, Xia W, et al. Taurine supplementation lowers blood pressure and improves vascular function in prehypertension: randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Hypertension*. 2016; 67(3): 541-9.
4. Batitucci G, Terrazas SIBM, Nóbrega MP, Carvalho FGD, Papoti M, Marchini JS, et al. Effects of taurine supplementation in elite swimmers performance. *Motriz: rev. educ. Fis*. 2018; 24(1): e1018137.
5. 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* 2017b; doi: 10.1007/fphys.2017.00710
6. Xu YJ, Arneja AS, Tappia PS, Dhalla NS. The potential health benefits of taurine in cardiovascular disease. *Exp Clin Cardiol*. 2008; 13(2): 57-65.
7. Spriet LL, Whitfield J. Taurine and skeletal muscle function. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2015; 18(1): 96-101.
8. De Carvalho FG, Galan BSM, Santos PC,

- homeostasis model assessment index and adiponectin levels in Japanese subjects. *Diabetes Res Clin Pract.* 2007; 77(1): 151-4.
22. Martinez Galan BS, Giolo de Carvalho F, Carvalho Santos P, Bucken Gobbi R, Kalva-Filho C, Papoti M, et al. Effects of taurine on markers of muscle damage, inflammatory response and physical performance in triathletes. *J Sports Med Phys Fit.* 2017; doi: 10.23736/S0022-4707.17.07497-7
23. Ward R, Bridge CA, McNaughton LR, Sparks SA. The effect of acute taurine ingestion on 4-km time trial performance in trained cyclists. *Amino Acids.* 2016; 48(11): 2581-2587.
24. Beyranvand MR, Khalafi MK, Roshan VD, Choobineh S, Parsa SA, Piranfar MA. Effect of taurine supplementation on exercise capacity of patients with heart failure. *J Cardiol.* 2011; 57(3): 333-7.
25. 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.* 2004; 26(2):203-7.
26. Balshaw TG, Bampouras TM, Barry TJ, Sparks SA. The effect of acute taurine ingestion on 3-km running performance in trained middle-distance runners. *Amino Acids.* 2013; 44(2): 555-61.
27. Yatabe Y, Miyakawa S, Ohmori H, Mishima H, Adachi T. Effects of taurine administration on exercise. *Adv Exp Med Biol.* 2009; 643: 245-52.
28. Ishikura K, Miyazaki T, Ra SG, Endo S, Nakamura Y, Matsuzaka T, et al. Effect of taurine supplementation on the alterations in amino acid content in skeletal muscle with exercise in rat. *J Sports Sci Med.* 2011; 10(2): 306-314.
29. De Luca A, Pierno S, Conte Camerino D. Taurine: the appeal of a safe amino acid for skeletal muscle disorders. *J Transl Med.* 2015; 13: 243. doi: 10.1186/s12967-015-0610-1
30. Harada H, Tsujino T, Watari Y, Nonaka H, Emoto N, Yokoyama M. Oral taurine supplementation prevents fructose-induced hypertension in rats. *Heart Vessels.* 2004; 19(3): 132-6.
31. Camargo RL, Batista TM, Ribeiro RA, Velloso LA, Boschero AC, Carneiro EM. Effects of taurine supplementation upon food intake and central insulin signaling in malnourished mice fed on a high-fat diet. *Adv Exp Med Biol.* 2013; 776: 93-103.
32. Larsen LH, Orstrup LK, Hansen SH, Grunnet N, Quistorff B, Mortensen OH. The effect of long-term taurine supplementation and fructose feeding on glucose and lipid homeostasis in Wistar rats. *Adv Exp Med Biol.* 2013; 776: 39-50.
33. Kim KS, Jang MJ, Fang S, Yoon SG, Kim IY, Seong JK, et al. Anti-obesity effect of taurine through inhibition of adipogenesis in white fat tissue but not in brown fat tissue in a high-fat diet-induced obese mouse model. *Amino Acids.* 2019 Feb;51(2):245-254.
34. Choi MJ, Kim JH, Chang KJ. The effect of dietary taurine supplementation on plasma and liver lipid concentrations and free amino acid concentrations in rats fed a high-cholesterol diet. *Adv Exp Med Biol.* 2006; 583: 235-42.
35. Dirican M, Taş S, Sarandöl E. High-dose taurine supplementation increases serum paraoxonase and arylesterase activities in experimental hypothyroidism. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2007; 34(9): 833-7.
36. El Mesallamy HO, El-demerdash E, Hammad LN, El Magdoub HM. Effect of taurine supplementation on hyperhomocysteinemia and markers of oxidative stress in high fructose diet induced insulin resistance. *Diabetol Metab Syndr.* 2010; 2: 46. doi: 10.1186/1758-5996-2-46
37. Mizushima S, Nara Y, Sawamura M, Yamori Y. Effects of oral taurine supplementation on lipids and sympathetic nerve tone. *Adv Exp Med Biol.* 1996; 403: 615-22.
38. Carneiro EM, Latorraca MQ, Araujo E, Beltrá M, Oliveras MJ, Navarro M, et al. Taurine supplementation modulates glucose homeostasis and islet function. *J Nutr Biochem.* 2009; 20(7): 503-11.
39. Santos-Silva JC, Ribeiro RA, Vettorazzi JF, Irles E, Rickli S, Borck PC, et al. Taurine supplementation ameliorates glucose homeostasis, prevents insulin and glucagon hypersecretion, and controls β , α , and δ -cell masses in genetic obese mice. *Amino Acids.* 2015; 47(8): 1533-48.
40. Galloway SD, Talanian JL, Shoveller AK, Heigenhauser GJ, Spriet LL. Seven days of oral taurine supplementation does not increase muscle taurine content or alter substrate metabolism during prolonged exercise in humans. *J Appl Physiol.* 1985; 105(2): 643-51.