

The effect of short-term taurine supplementation on some muscle damage and oxidative stress indices following a simulated volleyball test in female volleyball players

Javad Vakili¹, Saeid Nikookheslat² Targol Farzaneh^{3*}

Receive 2024 February 20; Accepted 2024 June 05

Abstract

Aim: Taurine plays a major role in cell physiology, including membrane stabilization, osmoregulation and cytoprotective effects, antioxidant and anti-inflammatory properties. Therefore, the purpose of this study was conducted to identify the effect of taurine supplementation on response of muscle damage and oxidative stress indices following a simulated volleyball test in female volleyball players. **Methods:** Twenty-four females (with mean age of 18.1 ± 1.6 years, height: 177 ± 9.2 cm and weight: 65.2 ± 9.8 kg) in a randomized, quasi-experimental, double-blind design, were divided in two homogeneous supplement and placebo groups received 3 capsules containing 1g taurine or dextrose. After 14-days of the supplementation, subjects were participated in one session a simulated volleyball test. Blood samples were collected at four phases; baseline, after supplementation period, immediately and 24-hours after the test, for determination of changes in muscle damage (CK and LDH) and oxidative stress (MDA and TAC) indices. Data were analyzed by repeated measure ANOVA and Bonferroni post-hoc test at $P \leq 0.05$. **Results:** The results show that the serum level of CK decreased significantly in the supplement group compared to the placebo group ($P=0.012$). On the other hand, one session of a simulated test caused a significant decrease in TAC ($P=0.02$) and a significant increase in MDA ($P=0.013$). While, no significant differences were observed in any of the oxidative stress indices (TAC and MDA) and lactate dehydrogenase (LDH) between the groups immediately after performing the activity ($P \geq 0.05$). **Conclusions:** Based on the present findings short-term supplementation of taurine may have an effect in reducing muscle damage. However, taurine consumption does not have the ability to increase basal antioxidant capacity and also cannot decrease the serum oxidative stress levels.

Keywords: Taurine, Volleyball, Creatine Kinase, Lactate Dehydrogenase, Malondialdehyde, Total Antioxidant Capacity.



Scan this QR code to see the accompanying video, or visit jahssp.azaruniv.ac.ir

1. Associate Professor, Department of Sports Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran

3. Associate Professor, Department of Sports Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

3. Msc of Exercise physiology, Faculty of sport science, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (Corresponding Author):

Email: targolfarzaneh98@ms.tabrizu.ac.ir

Cite as: Javad Vakili, Saeid Nikookheslat, Targol Farzaneh. The effect of short term taurine supplementation on some muscle damage and oxidative stress indices following a simulated volleyball test in female volleyball players. Applied Health Studies in Sport Physiology. 2025; 12(1): 28-39.

Owner and Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

Journal ISSN (online): 2676-6507

Access Type: Open Access

DOI: 10.22049/jahssp.2024.29452.1630



Extended abstract

Background

Volleyball is an interval sport that is characterized by repeated short-term and intense bouts with eccentric contractions. The increasing intensity in exercises can increase the production of reactive oxygen species (ROS), the concentration of muscle enzymes such as creatine kinase (CK) and lactate dehydrogenase (LDH) after exercise and causes oxidative stress and muscle damage (4). In this regard, the use of taurine supplement as a sulfur amino acid, can reduce oxidative stress and cellular damage. It should be used by athletes to improve performance (10). Also, Chin et al. (2021) followed a systematic study and stated that consumption of different doses of taurine (one to six grams) reduces oxidative stress and cell damage in different intensities of sports activities (12). However, Wang et al. (2022) did not report any difference between the taurine and placebo groups on cell damage indices (15). The present research aims to determine the effect of 14 days of taurine supplementation (3 capsules of 1 gram per day) on some muscle damage (CK, LDH) and oxidative stress (MDA, TAC) indices following a simulated volleyball test in female volleyball players.

Methodology

The current research was a semi-experimental two-groups double-blind design (supplement and placebo) with repeated measurements (four stages), including 24 female volleyball players, which were randomly selected in two groups of taurine supplement and placebo. Subjects in the supplement and placebo groups, consumed taurine and dextrin powder in 3 capsules of 1gr per day for 14 days. The exercise protocol included the cross shot, block solo, jump service and digging with a distance of two meters in different directions (right, left, front, back) in five times with ten repetitions. Thus, there was a two-minute rest between turns and two minutes after the end of 50 repetitions of each movement until the start of the next movement. Blood samples were collected in four stages (baseline, after supplementation, immediately and 24 hours after volleyball test) in the amount of 5 ml to determine the changes in oxidative stress and muscle damage indices. Statistical analysis was performed utilizing SPSS21, the normality of the data was assessed using the Shapiro-Wilk statistic. Data were analyzed by repeated measure ANOVA and Bonferroni post-hoc test at $P \leq 0.05$. (if there is a difference between steps).

Results

The current research indicated that the range of changes in the serum levels of oxidative stress (MDA, TAC) studied among the measurement stages and groups did not differ significantly ($P \leq 0.05$). On the other hand, the results of the 2x2 variance test of (CK) have been determined that there is a significant difference ($P = 0.01$) between the assessment stages (immediately and 24 hours after test compared to the baseline). In addition, the results of serum (LDH), showed that there is a significant difference between the third and fourth stages in both groups ($P \geq 0.01$).

Discussion and conclusion

Findings of the present study regarding the decrease in the serum levels of CK following taurine supplementation were in line with the results of studies by Fadaei (2023) and Asjedi (2023) (8,18). As, Fadaei et al. (2023) stated that daily consumption of three capsules of one gram of taurine for two weeks leads to a significant decrease in the amount of LDH and CK in the supplement group compared to the placebo group (8). The effect of taurine on cell damage can be dependent on the time of intervention. It should be mentioned that taurine helps to reduce ATP biosynthesis. This can affect CK levels (19). In line with the present research, Wang et al. (2022) stated that taurine consumption does not prevent the increase of LDH in statistical samples (15). On the opposite side, Asjedi et al. (2023) witnessed the improvement of LDH status during their evaluations (18). Although the mechanisms underlying the antioxidant effects of taurine are not well understood, scavenging of ROS, interference with ROS activity, and regeneration of thiol groups may be the most likely mechanisms. Studies show that taurine suppresses superoxide production in mitochondria. In general, the stimulating effect of taurine on the activity of SOD, CAT and GPx enzymes leads to a significant reduction in ROS production (16-18).



Conclusion

According to the results of the present study, it can be stated that the short-term taurine supplementation has resulted in the modulation of cell damage caused by the increase in the amount of CK following a simulated volleyball test in girls, but this supplementation period could not improve other indicators, i.e. Oxidative stress indices, it does not have a significant effect and probably requires a longer intervention.



تاثیر مکمل سازی کوتاه مدت تورین بر برخی از شاخص های آسیب سلولی و فشار اکسایشی متعاقب آزمون شبیه سازی شده والیبال در دختران والیبالیست

جواد وکیلی^۱، سعید نیکوخصلت^۲، ترگل فرزانه^{۳*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۶

چکیده

هدف: تورین نقش مهمی در فیزیولوژی سلولی از جمله تثبیت غشاء، تنظیم اُسمزی، آثار محافظت سلولی و ویژگی های ضد اکسایشی و التهابی دارد. لذا هدف از این مطالعه، بررسی تاثیر مکمل دهی تورین بر پاسخ شاخص های آسیب عضلانی و فشار اکسایشی متعاقب آزمون شبیه سازی شده والیبال، در دختران والیبالیست بود. **روش شناسی:** ۲۴ دختر والیبالیست (با میانگین سنی $18/10 \pm 1/6$ سال، قد $177 \pm 9/2$ سانتی متر و وزن $65/2 \pm 9/8$ کیلوگرم) در یک طرح نیمه تجربی، تصادفی و دو سوکور، به دو گروه همگن شده مکمل یا دارونما دریافت کننده ۳ کیسول ۱ گرم در روز تورین یا دکستروز تقسیم شدند. پس از ۱۴ روز مکمل دهی، همهی آزمودنی ها در یک جلسه آزمون شبیه سازی شده والیبال شرکت کردند. نمونه های خونی در چهار مرحله؛ حالت پایه، پس از دوره مکمل دهی، بلافاصله و ۲۴ ساعت پس از آزمون، برای اندازه گیری تغییرات شاخص های سرمی آسیب عضلانی (LDH و CK) و فشار اکسایشی (MDA و TAC) جمع آوری شد. داده ها با استفاده از آزمون های تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر و تعقیبی بونفرونی در سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ بررسی شد. **یافته ها:** نتایج بدست آمده حاکی است که مکمل دهی تورین تاثیر معنی داری بر کاهش CK سرمی دارد ($P=0/012$). از طرفی دیگر، یک جلسه تمرین شبیه سازی شده باعث کاهش معنی دار TAC ($P=0/02$) و افزایش معنی دار MDA گردید ($P=0/013$). در حالی که، تفاوت معنی داری در هیچ یک از شاخص های فشار اکسایشی (MDA و TAC) و آسیب عضلانی (LDH) بلافاصله پس از انجام فعالیت بین گروه ها مشاهده نشد ($P \geq 0/05$). **نتیجه گیری:** براساس یافته های حاضر می توان چنین نتیجه گرفت که مکمل دهی کوتاه مدت تورین ممکن است بر تعدیل آسیب عضلانی تاثیر بگذارد. هرچند، مصرف تورین توانایی لازم جهت افزایش ظرفیت ضد اکسایشی پایه را نداشته و هم چنین نمی تواند از تغییرات نامطلوب شاخص فشار اکسایشی سرمی ناشی از انجام یک جلسه آزمون شبیه سازی شده در دختران والیبالیست بکاهد.

واژه های کلیدی: تورین، والیبال، کراتین کیناز، لاکتات دهیدروژناز، مالون دی آلدئید، ظرفیت ضد اکسیدانی تام.



با اسکن QR فوق می توانید جزئیات مقاله حاضر را در سایت www.jahssp.azaruniv.ac.ir/ مشاهده کنید

۱. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۲. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۳. کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. نویسنده

مسئول:

targolfarzaneh98@ms.tabrizu.ac.ir

نحوه ارجاع: جواد وکیلی، سعید نیکوخصلت و ترگل فرزانه. "تاثیر مکمل سازی کوتاه مدت تورین بر برخی از شاخص های آسیب سلولی و فشار اکسایشی متعاقب آزمون شبیه سازی شده والیبال در دختران والیبالیست" مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش. ۱۴۰۴؛ ۱۲ (۱): ۲۸-۳۹.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

شاپای الکترونیکی: ۶۵۰۷-۲۶۷۶

نوع دسترسی: آزاد

DOI: 10.22049/jahssp.2024.29452.1630



کندانقباض و تندانبض اتفاق می‌افتد که از نشانگرهای این آسیب می‌توان به کاهش عملکرد و افزایش آنزیم‌های عضلانی مثل کراتین کیناز (CK)^۲ و لاکتات دهیدروژناز (LDH)^۳ به داخل جریان خون و درد اشاره کرد (۷). در این شرایط اغلب افزایش هر دو شاخص‌های التهابی و آسیب عضلانی مشاهده می‌شود (۱۶). میزان سرمی CK و LDH از اصلی‌ترین نشانه‌های آسیب و وضعیت عملکرد بافت عضلانی به‌شمار می‌روند (۷). با توجه ماهیت رشته ورزشی والیبالی می‌توان انتظار افزایش رادیکال‌های آزاد و شاخص‌های فشار اکسایشی و آسیب عضلانی را بعد از یک جلسه فعالیت ورزشی والیبالی یا رقابت والیبالی داشت (۱). به‌عنوان مثال، قائم^۹ و همکاران (۲۰۲۳) با مطالعه بازی‌های پایان فصل بازیکنان شاغل در لیگ والیبالی اظهار داشتند که میزان سطوح فشار اکسایشی (MDA)، آسیب عضلانی (CK) و التهابی (IL-6 و TNF-a) افزایش معنی‌داری پیدا می‌کند (۱).

باتوجه به این‌که ورزش شدید (رقابت والیبالی) باعث آسیب‌های متعدد می‌شود. لذا محققان پزشکی-ورزشی همواره سعی در کاهش آسیب‌های اکسایشی و سلولی دارند (۲،۴). در همین راستا، استفاده از انواع مختلفی از مکمل با هدف کاهش این آسیب‌ها رواج گسترده‌ای یافته است که گاه خطرات جبران‌ناپذیری می‌تواند برای فرد مصرف کننده به ارمغان داشته باشد. لذا انتخاب مکمل مناسب می‌تواند کمک بزرگی در این زمینه به ورزشکاران ارائه دهد (۶). در این راستا، تورین^{۱۰} با نام شیمیایی ۲-آمینواتان سولفونیک‌اسید^{۱۱} بعنوان یک β-اسیدآمینو برای اولین بار در سال ۱۸۲۷ میلادی توسط دانشمندان آلمانی بنام‌های فردریش تایدمان و لئوپولد گملین^{۱۲} از صفرای گاو جدا شد (۸). این اسیدآمینو سولفوردار (گوگرد) در ساختار مولکولی خود بجای گروه اسیدکربوکسیلیک^{۱۳} (COOH) دارای اسیدسولفوریک^{۱۴} (SO₃H) بوده و در بسیاری از بافت‌های بدن از جمله؛ چشم، مغز، قلب و عضله یافت شده و فراوان‌ترین اسیدآمینو پس از گلوتامین در بدن بحساب می‌آید (۹). همچنین، تورین نوعی از مکمل‌های غذایی بدون عوارض جانبی است که می‌تواند با هدف کاهش آسیب سلولی، اکسایشی و یک عامل ارگوژنیگ برای بهبود عملکرد ورزشی مورد استفاده ورزشکاران قرار گیرد (۱۰). به‌عنوان نمونه، سمیعیان و همکاران (۲۰۱۹) طی مطالعه‌ای نشان دادند که مصرف هفت روزه مکمل تورین در مقادیر شش و سه گرمی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (SOD) بعد از تمرینات هوازی و ماندن‌ساز می‌گردد (۱۱).

مقدمه

والیبالی به‌عنوان یک رشته ورزشی تناوبی تعریف می‌شود که با انجام مکرر وهله‌های کوتاه‌مدت و شدید شناخته می‌شود. با این حال، دستگاه انرژی غالب در والیبالی سیستم بی‌هوازی بنام گلیکولیتیک بوده و سیستم انرژی هوازی نقش کمتری دارد. در طول بازی والیبالی، یک بازیکن در حدود ۹۰٪ از سیستم انرژی بی‌هوازی (شامل ۷۰٪ منابع کراتین فسفات و ۲۰٪ منبع گلیکولیتیک) سود برده و مابقی توسط دستگاه هوازی (تقریباً ۱۰٪) تأمین می‌گردد (۳-۱). با این حال، فعالیت‌های ورزشی همچون والیبالی علی‌رغم فوایدی در سازگاری‌های سیستم‌های مختلف بدن، با افزایش شدت می‌تواند آسیب‌زا باشد (۱). این امر به نوبه خود (افزایش شدت در تمرینات) می‌تواند تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)^۱ را افزایش داده و پس از فعالیت ورزشی نیز به طور بالقوه سبب بروز فشار اکسایشی و گسترش آسیب سلولی شود (۴). افزایش شدت فعالیت‌های ورزشی، مصرف اکسیژن در عضلات را تا چندین برابر افزایش داده که پنج درصد این اکسیژن مصرفی می‌تواند در میتوکندری‌ها به رادیکال‌های آزاد، به‌خصوص ROS تبدیل شود (۵). زمانی که تولید ROS از دستگاه دفاع آنتی-اکسیدانی اندوژن فراتر رود، فشار اکسایشی ایجاد می‌شود. در اثر آسیب‌های اکسایشی لیپیدها، مالون‌دی‌آلدئید^۲ (MDA) تولید می‌شود که به‌عنوان شاخص آسیب لیپیدی شناخته می‌شود (۶، ۵). بنابراین فعالیت ورزشی شدید می‌تواند زیانبار باشد و پراکسیداسیون لیپیدی^۳ را افزایش دهد (۴). در دستگاه‌های بیولوژیکی سلول‌ها، جهت مقابله با رادیکال‌های آزاد از سیستم‌های قوی آنتی‌اکسیدانی استفاده می‌شود که از آن جمله می‌توان به آنزیم‌ها گلوکوتایون احیا (GSH)^۴، سوپراکسیددیسموتاز (SOD)^۵ و کاتالاز، آنتی‌اکسیدان‌هایی با وزن ملکولی بالا (آلبومین، سروپلاسمین و ترانسفرین) و وزن ملکولی پائین که شامل دو دسته آنتی‌اکسیدان‌های محلول در چربی (توکوفرول، کاروتنوئید، کوئینین و برخی پلی‌فنول‌ها) و آنتی‌اکسیدان‌های محلول در آب (اسید اسکوربیک، اسید اوریک) اشاره داشت. به مجموعه این سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی (TAC)^۶ گفته می‌شود (۱۳). آسیب عضلانی در نتیجه‌ی پارگی یا آسیب تارهای عضلانی

⁸ Lactate dehydrogenase

⁹ Ghanem

¹⁰ Taurine

¹¹ 2-aminoethanesulfonic acid

¹² Friedrich Tiedemann and Leopold Gmelin

¹³ Carboxylic acid

¹⁴ Sulfuric acid

¹ Reactive Oxygen Species (ROS)

² Malondialdehyde

³ Lipid peroxidation

⁴ Glutathione

⁵ Superoxide dismutase

⁶ Total antioxidant capacity

⁷ Creatine kinase



در ابتدا، همه‌ی داوطلبین با حضور در جلسه‌ی هماهنگی و پس از شرح کامل اهداف و روش‌های اندازه‌گیری، تکمیل فرم رضایت آگاهانه و پرسشنامه‌های سلامتی، یادآمد ۲۴ ساعته‌ی رژیم غذایی و میزان کالری دریافتی، مورد معاینات پزشکی قرار گرفتند. به‌منظور همگن‌سازی گروه‌های مورد مطالعه، یک هفته قبل از شروع تحقیق و پیش از اولین مرحله‌ی خونگیری، برخی از ویژگی‌های فردی اندازه‌گیری شد. سپس آزمودنی‌های داوطلب براساس برخی از شاخص‌های آنروپومتریکی به‌طور تصادفی در دو گروه همگن ۱۲ نفری (گروه دریافت کننده‌ی مکمل تورین به میزان ۳ عدد کپسول ۱ گرمی پودر تورین و دارنما با مقادیر مشابه گروه مکمل) جایگزین شدند (جدول ۱). برای اندازه‌گیری درصد چربی از دستگاه ضخامت سنج پوستی (Harpenden, Model 0120، انگلیس) با حساسیت ۰/۱ میلی‌متر و فرمول سه نقطه‌ای دانشکده‌ی پزشکی ورزشی آمریکا (چین‌های پوستی سه سربازویی، شکمی و فوق‌خاصه‌ای سمت راست) استفاده شد (۱۴).

$$\%BF = \frac{5/18845 - (سن) \times 0/15723 + 2 \times (مجموع سه قسمت) \times 0/0105 - (مجموع سه قسمت) \times (0/39287)}{}$$

ب) پروتکل مصرف مکمل

افراد گروه مکمل، پودر تورین (۱۰۰٪) ساخت شرکت MyProtein کشور انگلستان (با شماره شناسایی ۱۰۵۳۰۳۰۸) که با استفاده از کپسول پُرکن دستی توسط ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری و در کپسول‌های یک گرمی ریخته شده بود را به تعداد ۳ کپسول در روز با ۲۵۰ میلی‌لیتر آب آشامیدنی بمدت ۱۴ روز همراه با سه وعده‌ی غذایی اصلی روزانه مصرف می‌نمودند (۸). هم‌چنین، افراد گروه دارنما نیز مشابه با گروه مکمل به همان مقدار کپسول دکستروز مصرف نمودند. در ضمن مصرف مرتب مکمل‌ها نیز توسط محقق و مربی بطور تلفنی کنترل می‌گردید.

ج) روش‌های اندازه‌گیری توان بی‌هوایی و هوایی

از آزمون رست^{۱۶} برای سنجش توان بی‌هوایی ورزشکاران استفاده شد. در این آزمون ابتدا وزن ورزشکار سنجیده شده سپس آزمودنی بعد از گرم کردن خود به‌مدت حداقل هفت دقیقه، با فرمان "رو" مسافت ۳۵ متر را با حداکثر سرعت می‌دود. به ترتیب شش دوی ۳۵ متری را با تمام توان و با فاصله‌ی ده ثانیه استراحت بین تکرارهای فعالیت، طی می‌نماید. در هر مرحله رکوردها ثبت شد تا با استفاده از معادله‌ی ذیل، توان بی‌هوایی محاسبه گردد (۱۴).

$$\text{زمان}^3 = (\text{مسافت} \times \text{وزن بدن}) = \text{توان}$$

همچنین، چین^{۱۵} و همکاران (۲۰۲۱) بدنبال مطالعه‌ی سیستماتیک عنوان داشتند که مصرف دوزهای مختلفی از تورین (یک الی شش گرم) باعث کاهش فشاراکسایشی به همراه آسیب سلولی در شدت‌های مختلف انواع فعالیت‌های ورزشی می‌شود (۱۲). اما این در حالی است که وانگ^{۱۶} و همکاران (۲۰۲۲) هیچ تفاوتی بین گروه مصرف کننده تورین و دارنما بر شاخص‌های آسیب سلولی (CK و LDH) گزارش نکردند (۱۵). همچنین، فرامرزی و همکاران (۲۰۱۵) عنوان نمودند که مصرف مکمل تورین ۶ گرم در روز بمدت یک هفته تأثیری بر شاخص‌های آسیب عضلانی مردان بدنساز ندارد (۹). بر همین اساس و باتوجه به نتایج متناقض مطالعات محدود و عدم دسترسی به تحقیقات جامع و مدون هنوز این سوال مطرح است که آیا واقعاً مکمل‌دهی اسیدآمینو تورین می‌تواند از بروز آسیب‌های عضلانی و اکسایشی ناشی از انجام فعالیت‌های رقابتی شدید بکاهد و یا اینکه خود در تعامل با فعالیت ورزشی اثر مضاعفی بر سطوح نامطلوب شاخص‌های آسیب گردد؟ از این‌رو، تحقیق حاضر بر آن است تا تأثیر مصرف ۱۴ روز مکمل تورین (۳ کپسول ۱ گرمی در روز) بر برخی از شاخص‌های غیرمستقیم آسیب عضلانی (کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز تام سرمی) و فشار اکسایشی (مالون‌دی‌آلدهید و ظرفیت ضداکسیدانی) ناشی از انجام یک جلسه بازی شبیه‌سازی شده والیبال را در دختران والیبالیست مشخص سازد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر در قالب یک طرح نیمه‌تجربی دو گروهی دوسویه کور (گروه مکمل و دارنما) با اندازه‌گیری‌های مکرر (چهار مرحله‌ای)، شامل ۲۴ دختر والیبالیست بود که از بین ۳۵ والیبالیست داوطلب با سابقه عضویت در تیم‌های نوجوانان و جوانان شهر تبریز باتوجه به معیارهای ورود (دامنه‌ی سنی ۱۶-۲۲ سال، قد بالای ۱۷۵ سانتی‌متر و ارتفاع پرش بالای ۳۰ سانتی‌متر) و معیارهای عدم ورود (سابقه‌ی بیماری و آسیب دیدگی‌های قبلی بویژه در مچ پا، کمر و زانو، حساسیت به داروها، فشار خون بالا، بیماری‌های قلبی-عروقی و مصرف هر نوع مکمل آنتی‌اکسیدانی در ۶ ماه اخیر) انتخاب و بصورت تصادفی در یکی از دو گروه مکمل تورین و دارنما قرار گرفتند. حجم نمونه آماری نیز براساس مطالعات قبلی، در سطح معنی‌داری (آلفا یا خطای نوع اول) ۰/۰۵ درصد و توان (بتا یا خطای نوع دوم) ۰/۸ با استفاده از نرم‌افزار Medcalc نسخه 10.0.2.0 برای هر گروه ۱۲ نفر و در مجموع ۲۴ نفر تعیین شد (۸).

تمام مراحل پژوهش در شرایط استاندارد با رطوبت نسبی ۵۵-۵۰٪، دمای ۲۸-۲۶ درجه‌ی سانتی‌گراد و در ساعت ۱۷ الی ۱۹ عصر انجام شد.

¹⁶ Wang

¹⁷ Rast test test

¹⁵ Chen



دستگاه سانتریفیوژ (۳۵۰۰ دور در دقیقه برای مدت ۱۰ دقیقه) جدا شد. برای انجام مراحل بعدی، نمونه‌ها در دمای منفی ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. فعالیت آنزیم‌های آسیب عضلانی سرمی بوسیله کیت شرکت پارس آزمون با استفاده از روش فوتومتریک به کمک دستگاه اتوانالایزر آلبیون ۳۰۰ (ساخت شرکت Abbott، آمریکا) اندازه‌گیری شد. همچنین، میزان TAC سرمی با استفاده از آزمون میلر و دستگاه اسپکتروفتومتر (ساخت شرکت Biotech آمریکا) و کیت شرکت Randox با حساسیت ۰/۱ میلی‌مول در طول موج ۶۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. میزان MDA سرمی نیز بر پایه واکنش با تیوباربتوریک اسید (TBA) و با استفاده از روش اسپکتروفتومتری در طول موج ۵۳۲ نانومتر تعیین گردید.

(و) روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌های آماری

به‌منظور تحلیل آماری، ابتدا وضعیت طبیعی داده‌های طبیعی و همگن (میانگین \pm انحراف استاندارد) با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک (SW) بررسی شد. سپس تغییرات هر یک از شاخص‌ها طی مراحل مختلف اندازه‌گیری با آزمون‌های تحلیل واریانس مکرر و پس از آزمون بونفرونی (در صورت وجود تفاوت بین مراحل) بررسی گردید. اختلافات بین گروهی داده‌های ابتدایی نیز با آزمون تحلیل واریانس یک طرفه دو گروهی تعیین شد. همه‌ی عملیات و تحلیل‌های آماری در سطح معنی‌داری پنج درصد با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SPSS/PASW21 و Office ورژن ۲۰۱۶ انجام گرفت.

یافته‌ها

اطلاعات توصیفی مربوط به شاخص‌های تن‌سنجی به همراه چابکی، توان هوازی و بی‌هوازی آزمودنی‌های حاضر در این مطالعه به تفکیک گروه‌های مطالعاتی در جدول ۱ بصورت انحراف استاندارد \pm میانگین ارائه شده است.

جدول ۱: توصیف ویژگی‌های فردی و شاخص‌های آنتروپومتریک (انحراف استاندارد \pm میانگین)

فاکتور/گروه‌ها	گروه مکمل (N=۱۲)	گروه دارونما (N=۱۲)
قد (cm)	۱۷۹/۲۷ \pm ۹/۶۸	۱۷۴/۷۵ \pm ۸/۶۹
وزن (kg)	۶۴/۲۷ \pm ۶/۳۰	۶۶/۰۸ \pm ۱۳/۲۵
BMI (kg.m ²)	۲۰/۱۸ \pm ۱/۶۰	۲۱/۵۰ \pm ۲/۵۴

برای سنجش توان هوازی نیز از آزمون شاتل ران^{۱۸} استفاده گردید. در این آزمون فرد با سرعت (هشت کیلومتر در ساعت) مسیر ۲۰ متری را به صورت رفت و برگشت می‌دود. سرعت آزمودنی در هر دقیقه (۵- $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$) افزایش پیدا می‌کند (آزمون در ابتدا با هفت MET آغاز می‌شود و به طور مداوم در در دقیقه یک MET افزایش می‌یابد، به گونه‌ای که آزمودنی قادر به ادامه آزمون نباشد). سرعت فرد بوسیله پخش سیگنال‌های ضبط شده روی نوار در خطوط پایانی تنظیم می‌شود. وقتی آزمودنی به ابتدا یا انتهای مسیر ۲۰ متر می‌رسد سیگنال‌ها پخش شده و آزمودنی‌ها تلاش می‌کنند تا آزمون را تداوم دهند، به نحوی که دیگر قادر به ادامه آزمون نباشند. وقتی فرد برای اولین بار از صدای سیگنال‌ها عقب بماند به او هشدار داده می‌شود و در سومین هشدار آزمون متوقف شده و حداکثر اکسیژن مصرفی ($\text{VO}_{2\text{max}}$) با توجه به فرمول ذیل برآورد شد (۱۴). در ضمن ضربان قلب در سراسر مدت آزمون کنترل گردید.

$$\text{VO}_{2\text{max}} = 37.068 + 2.715 (\text{sex; male 1, female 0}) - 0.041 (\text{Age}) + 0.259 (\text{reps of 20 m shuttle run}) - 0.349 (\text{BMI}).$$

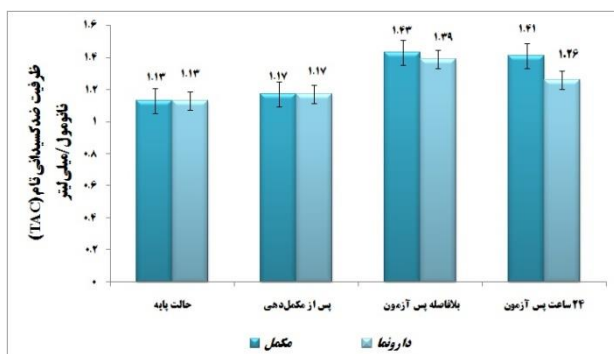
(د) قرارداد آزمون شبیه‌سازی شده والیبال

قرارداد ورزشی مورد استفاده در مطالعه‌ی حاضر که یک آزمون محقق ساخته با همفکری اساتید تربیت‌بدنی دانشگاه و مربیان ملی والیبال طراحی شده بود؛ شامل اجرای حرکات آبشار، دفاع روی تور، سرویس جهشی و دریافت با فاصله‌ی دو متر در جهات مختلف (راست، چپ، جلو، عقب) در پنج نوبت با ده تکرار بود. بطوریکه، دو دقیقه استراحت بین نوبت‌ها و دو دقیقه بعد از به پایان رسیدن ۵۰ تکرار از هر حرکت تا شروع حرکت بعدی وجود داشت. یک پاسور در زمین، مسئول بلند کردن و پاس دادن توپ بود تا بازیکنان حرکت آبشار را انجام دهند. به ترتیب تمام حرکات توسط هر دو گروه اجرا شد. میزان فشار و شدت در اجرای آزمون برای هر ورزشکار، با حداکثر قدرت و سرعت همراه بود. شاخص درک فشار (RPE) در این آزمون شبیه‌سازی شده میان ۱۷ تا ۲۰ گزارش شد.

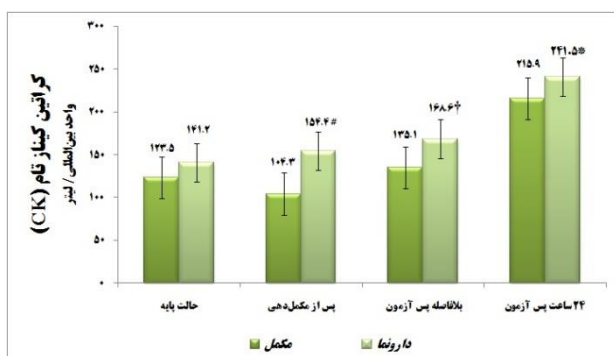
(ه) نمونه‌گیری خونی و روش اندازه‌گیری

نمونه‌های خونی در چهار مرحله (مرحله اول: در حالت پایه و قبل از شروع مصرف مکمل و دارونما؛ مرحله دوم: پس از ۱۴ روز مکمل‌دهی؛ مرحله سوم: بلافاصله پس از اجرای آزمون شبیه‌سازی شده؛ و مرحله چهارم: ۲۴ ساعت پس از اجرای قرارداد اصلی) به میزان ۵ میلی‌لیتر از ورید پیش آرنجی دست راست آزمودنی‌ها برای تهیه سرم و تعیین تغییرات کراتین کیناز تام و لاکتات دهیدروژناز تام سرمی بصورت ناشتا تهیه شد. نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای محیط آزمایشگاهی ۲۵-۲۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا لخته شوند. پس از آن سرم نمونه‌ها توسط

¹⁸ Shuttle Run Test

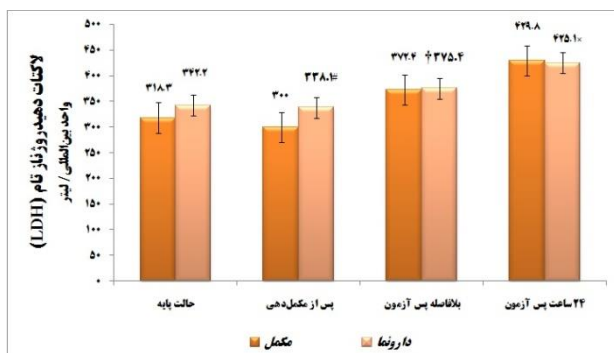


نمودار ۲: تغییرات ظرفیت ضد اکسیدانی تام (TAC) دو گروه طی چهار مرحله اندازه گیری



نمودار ۳: تغییرات کراتین کیناز تام (CK) دو گروه طی چهار مرحله اندازه گیری

* نشان دهنده معنی داری بین مراحل ۱ و ۴ در سطح $(P < 0.05)$.
† نشان دهنده معنی داری بین مراحل ۲ و ۳ در سطح $(P < 0.05)$.
نشان دهنده معنی داری بین مراحل ۲ و ۴ در سطح $(P < 0.05)$.



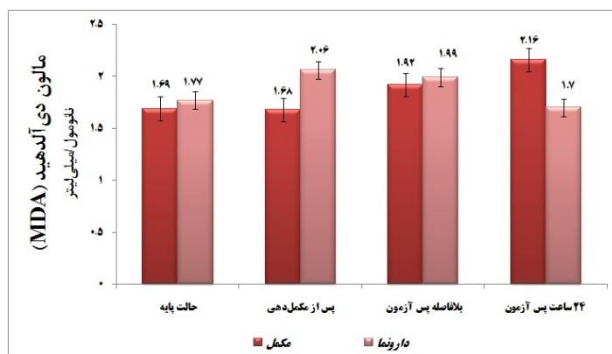
نمودار ۴: تغییرات لاکتات دهیدروژناز تام (LDH) دو گروه طی چهار مرحله اندازه گیری

* نشان دهنده معنی داری بین مراحل ۱ و ۴ در سطح $(P < 0.05)$.
† نشان دهنده معنی داری بین مراحل ۲ و ۳ در سطح $(P < 0.05)$.

سن (سال)	18/00 ± 1/59	18/27 ± 1/61
توان هوازی (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	41/06 ± 1/82	41/48 ± 1/83
توان بی هوازی (وات)	± 9/64 266/31	266/81 ± 8/01

نتایج تحقیق حاضر حاکی بود که دامنه تغییرات سطوح سرمی آنزیم نشان دهنده فشار اکسایشی (MDA) مورد مطالعه در میان مراحل اندازه گیری و گروهها تفاوت معنی داری نداشت ($P = 0.65$) (نمودار ۱). همچنین، سطوح دیگر شاخص ضد اکسیدانی (TAC) میان گروهها تفاوت قابل توجهی مشاهده نگردید ($P = 0.583$)، ولی در میان مراحل اندازه گیری درون گروهی افزایش غیر معنی داری ملاحظه گردید ($P = 0.054$) (نمودار ۲).

از طرفی دیگر، بر اساس نتایج بدست آمده حاصل از آزمون تحلیل واریانس ۲×۲ آنزیم کراتین کیناز تام (CK) مشخص گردید، بین مراحل ارزیابی (بلافاصله و ۲۴ ساعت در مقایسه با حالت پایه) تفاوت معنی داری وجود دارد ($P = 0.01$) (نمودار ۳)، که این تفاوت در بین گروههای مطالعاتی نیز قابل مشاهده بود ($P = 0.024$). این در حالی است، که بین مراحل ارزیابی و گروههای مطالعاتی تعامل قابل توجهی وجود نداشت ($P = 0.66$). به علاوه، نتایج دیگر شاخص مورد مطالعه یعنی آنزیم لاکتات دهیدروژناز تام سرمی (LDH) نشان داد، بین مراحل سوم و چهارم در هر دو گروه تفاوت معنی داری وجود دارد ($P = 0.01$). این در صورتی بود که بین مراحل ارزیابی و گروههای تحقیقاتی آثار تعاملی معنی داری وجود نداشت (نمودار ۴) ($P = 0.263$).



نمودار ۱: تغییرات مالون دی آلدئید (MDA) دو گروه طی چهار مرحله اندازه گیری

نشان دهنده معنی‌داری بین مراحل ۲ و ۴ در سطح ($P < 0.05$).

بحث

یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر کاهش در سطوح سرمی آنزیم کراتین کیناز متعاقب مکمل‌سازی تورین به مدت دو هفته و هر روز سه گرم با نتایج مطالعات فدائی (۲۰۲۳) و عسجدی (۲۰۲۳) همسو بود (۸، ۱۸). چنانکه، گروه مطالعاتی فدائی و همکاران (۲۰۲۳) به دنبال بررسی مردان تمرین کرده اظهار داشتند دو هفته مصرف روزانه سه عدد کپسول یک گرمی تورین منجر به کاهش قابل توجه در میزان لاکتات دهیدروژناز و کراتین کیناز در گروه مکمل نسبت به گروه دارونما می‌شود (۸). به علاوه، عسجدی و همکاران (۲۰۲۳) طی تحقیق خود در گروه‌های مصرف کننده تورین به میزان ۲۸ روز و هر روز ۱۵۰۰ میلی‌گرم شاهد کاهش معنی‌دار در سطوح آنزیم CK در آزمودنی‌های غیرفعال بودند (۱۸). در کل، محققان چنین اظهار دارند که فعالیت‌های رقابتی شدید به علت اعمال فشار مکانیکی - متابولیکی بیشتر روی تارچه‌ها در نهایت منجر به پارگی تارچه‌ها، سیال شدن صفحات Z، پارگی سارکولما، جابجایی اندامک‌های درون سلولی، ناپایداری غشای پلاسمایی و افزایش ترشح پروتئین‌های درون سلولی پس از انجام فعالیت‌های مقاومتی و شدید می‌شود (۷، ۱۳). در واقع، خستگی تارهای عضلانی متعاقب فعالیت‌های وامانده‌ساز می‌تواند منجر به افزایش نفوذپذیری غشاء سلولی به یون کلسیم آزاد درون سلولی و اختلال در عملکرد پمپ‌های سدیمی-پتاسیمی شده باعث ناپایداری غشای سلولی و فعال شدن پروتئازها (الاستازها و میلوپروکسیدازها) و لیپازهای درون سلولی (فسفولیپازها) گردد (۷). به طوری که، ارتباط نزدیکی میان انتشار فسفولیپازها و کراتین کیناز ناشی از فعالیت آنزیم‌های پروتئولیک درون سلولی (کاسپازها و کالپاین‌ها) تحریک شده توسط کلسیم در عضله‌ی جدا شده‌ی پستانداران وجود دارد (۱۸). از طرفی دیگر، نتایج مطالعه پیش‌رو نشان داد که مصرف تورین بر روی فعالیت آنزیم LDH سرمی تأثیر معنی‌داری ندارد. نقش تورین در اثرگذاری بر روی آسیب سلولی به صراحت گزارش شده است. اما تأثیر تورین بر روی آسیب سلولی می‌تواند وابسته به تأثیر زمان مصرف باشد. بطوریکه، تجویز آن به عنوان مکمل قبل، بعد یا در حین ورزش، تأثیر متفاوتی به‌ویژه در کاهش آسیب عضلانی یا خستگی عضلانی دارد که مشخصه آن محدود کردن عملکرد عضلانی است (۱۹). در این رابطه باید اشاره داشت که تورین به کاهش بیوسنتز ATP کمک می‌کند. این می‌تواند بر سطح CK در خون و

عضلات تأثیر بگذارد (۱۹). چند عاملی که می‌توانند فواید کامل تورین را محدود کنند عبارتند از: نوع ورزش، مقادیر تورین، استراتژی‌های مصرف، زمان مصرف، بیوسنتز و خواص آنتی‌اکسیدانی (۲۰). به عنوان مثال، دوزهای مختلف اثرات متفاوتی را در طول ورزش ایجاد می‌کنند. دوز بالای تورین قبل از ورزش فقط بر افزایش گلیسرول تأثیر دارد، درحالی‌که تجویز تورین قبل از تمرینات قدرتی یا در حین و بعد از ورزش استقامتی با کاهش آسیب DNA و فشار اکسایشی، به طور موثری آسیب عضلانی را کاهش می‌دهد (۲۱). در راستای یافته‌های تحقیق حاضر، وانگ و همکاران (۲۰۲۲) عنوان داشتند که مصرف تورین مانع از افزایش LDH در نمونه‌های آماری نمی‌گردد (۱۵). در سوی مقابل و ناهمسو با این نتایج، عسجدی و همکاران (۲۰۲۳) شاهد بهبود وضعیت LDH طی ارزیابی‌های خود بودند (۱۸). علت این تفاوت احتمالاً ناشی از نوع، مقدار و مدت مکمل‌سازی باشد. بطوریکه، در پژوهش عسجدی و همکاران (۲۰۲۳) مدت زمان مصرف ۲۸ روز و روزانه ۱۵۰۰ میلی‌گرم از تورین بود (۱۸). در این رابطه محققان چنین عنوان می‌کنند که مکمل‌دهی کوتاه مدت تورین موجب افزایش عملکرد فیزیولوژیکی بهنگام فعالیت‌های شدید می‌شود. همچنین تورین یکی از مکمل‌هایی است که عملکرد سلولی را از طریق مختلف مانند تثبیت غشای سلولی، تنظیم حجم سلولی، تعادل ردوکس سلول و کنترل کانال‌های یونی افزایش می‌دهد.

از سویی دیگر، بررسی دیگر شاخص‌های مورد مطالعه یعنی فشار اکسایشی حاکی است که انجام آزمون شبیه‌سازی شده والیبال منجر به برهم زدن وضعیت هوموستازی متغیرهای اکسایشی (MDA، TAC) شده و مکمل‌دهی تورین نیز نمی‌تواند تأثیر قابل توجهی بر این عوامل داشته باشد. این در حالی است که، بیشتر مطالعات از تأثیر معنی‌دار تورین بر کاهش MDA و افزایش TAC در نمونه‌های مورد پژوهش خود دارند. بعنوان نمونه، تیروپاتی^۱ و همکاران (۲۰۱۸) پس از ۲۱ روز اجرای تمرینات تناوبی شدید و مصرف درون صفاقی تورین در موش‌های نژاد ویستار، شاهد افزایش ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی و متعاقب آن کاهش پراکسیداسیون لیپیدی بودند (۱۶). اما در سوی مقابل و همسو با این نتایج، سمندری و همکاران (۲۰۲۱) طی مطالعه خود با هدف بررسی اثرات ضد التهابی مصرف تورین در تکواندوکاران حرفه‌ای عنوان داشتند که مصرف روزانه ۱۵ میلی‌گرم تورین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن، به مدت ده روز

¹ Thirupathi

کنترل مصرف اسیدفولیک و سنجش غلظت سیستئین باشد. به هر حال، بیوسنتز تورین در نتیجه واکنش‌های بیوشیمیایی همچون اکسیداسیون سیستئین توسط سیستئین دی‌اکسیژناز به شکل اسیدسولفونیک سیستئین و به دنبال آن دی‌کربوکسیلاسیون اسید سولفونیک توسط اسیدسولفونیک سیستئین دی‌کربوکسیلاز سبب تولید هیپوتورین و در نهایت اکسیداسیون هیپوتورین به تورین انجام می‌شود. بطوریکه به خوبی نشان داده شده است تولید ROS ناشی از انجام فعالیت‌های ورزشی می‌تواند این توالی را تغییر دهد (۱۷، ۲۳).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از مطالعه حاضر می‌توان بیان کرد که مکمل‌دهی کوتاه‌مدت تورین منجر به تعدیل آسیب سلولی ناشی از افزایش میزان کراتین کیناز به دنبال آزمون شبیه‌سازی شده‌ی والیبال در دختران والیبالیست شده، اما این مدت مکمل‌دهی در بهبود سایر شاخص‌های مورد بررسی یعنی شاخص‌های فشار اکسایشی، تأثیر قابل توجهی نداشته و احتمالاً به طول مداخله بیشتری نیاز است.

تشکر و قدردانی

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

تضاد منافع

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

- Tavakkoli MJ, Abbaspoor M, Nikooie R. The effect of 8 weeks of block and traditional periodization training models on practical factors in volleyball players. *Scientific Journal of Sport and Performance*. 2022;1(2):83-89.
- Guerrero C, Collado-Boira E, Martinez-Navarro I, Hernando B, Hernando C, Balino P, et al. Impact of plasma oxidative stress markers on post-race recovery in ultramarathon runners: A sex and age perspective overview. *Antioxidants*. 2021;10(3):355.
- Di Meo S, Venditti P. Evolution of the knowledge of free radicals and other oxidants.

بر روی شاخص‌های التهابی تأثیر نداشت (۲۲). تفاوت این نتایج را می‌توان در نوع آزمودنی‌ها به همراه مدت زمان مکمل‌یاری جستجو کرد. بطوریکه، ملکی و همکاران (۲۰۲۰) با مطالعه بر روی بیماران مبتلاء به دیابت نوع دوم، پس از هشت هفته مکمل‌یاری تورین به میزان ۱۰۰۰ میلی‌گرم در روز شاهد افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (SOD و CAT) به همراه کاهش پراکسیداسیون لیپیدی بودند (۲۱). از سویی، افراد زنده و آماده (ورزشکاران) بدلیل دارا بودن سطح بالایی از سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی مصرف تورین در مدت زمان کوتاه تأثیر بر آن ندارد (۱۷). زوفیا گوگ^۱ و همکاران (۲۰۱۹) طی مطالعه خود بر روی رت‌های مبتلاء به کبد چرب الکلی، عنوان داشتند که مصرف همزمان دو ماه تورین همراه با مصرف الکل مانع از افزایش MDA می‌گردد. این در حالی است که این کاهش هم‌راستا با افزایش ظرفیت تام‌آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های حیوانی حاضر در مطالعه بود (۲۳). اگرچه مکانیسم‌های زیربنایی اثرات آنتی‌اکسیدانی تورین به خوبی شناخته نشده است، حذف ROS، تداخل با فعالیت ROS، و بازسازی گروه‌های تیول ممکن است محتمل‌ترین مکانیسم‌ها باشد. به‌طورخاص، مطالعات نشان می‌دهد که تورین تولید سوپراکسید را در میتوکندری سرکوب می‌کند. به‌طورکلی، اثر تحریکی تورین بر فعالیت آنزیم‌های SOD، CAT و GPx منجر به کاهش قابل توجه در تولید ROS می‌شود (۱۶-۱۸).

با این حال، نتایج مطالعات نشان داده‌اند که نوسازی تورین می‌تواند از شخصی به شخص دیگر بعلت مقادیر پروتئین مصرفی یا سنتز پروتئین متغیر باشد. چندین عامل دیگر همانند مصرف اسیدفولیک و فعالیت آنزیم شبه متیل ترا هیدروفولات ردوکتاز (MTHFR)^۲ بر موجودیت سیستئین و سنتز تورین اثر می‌گذارد. سیستئین بعنوان پیش‌ساز تورین در سنتز ترکیبات ضداکسیدانی دیگری همانند گلوکاتینون و کوآنزیم A که برای تنظیم دستگاه ردوکس سلولی و هومئوستاز انرژی مهم است نقش دارد (۱۶). چنانچه یکی از محدودیت‌های تحقیق حاضر می‌تواند عدم

Reference

- Ghanem, A. The effect of competitions with a play off system on oxidative stress and its relationship to some indicators of inflammation in volleyball players. *Journal of Theories and Applications of Physical Education Sport Sciences*. 2023; 8(1), 1-18.
- Silva AF, Clemente FM, Lima R, Nikolaidis PT, Rosemann T, Knechtle B. The effect of plyometric training in volleyball players: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019;16 (16):2960. PMID: PMC6720263.

² Methylenetetrahydrofolate reductase

¹ ZofiaGoc



systematic review and dose-response meta-analysis of controlled trials. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2022;76(5):647-58.

14. Bayles, Madeline Paternostro. ACSM's exercise testing and prescription. Lippincott Williams & Wilkins, 2023.

15. Wang Y, Xu T, Zhao H, Gu C, Li Z. Effect of taurine in muscle damage markers and inflammatory cytokines in running exercise. *Frontiers in Physiology*. 2022:1-7.

16. Thirupathi, A., Freitas, S., Sorato, H.R., Pedrosa, G.S. et al. Modulatory effects of taurine on metabolic and oxidative stress parameters in a mice model of muscle overuse. *Nutrition*, 2018; 54:158-164.

17. Ruhee RT, Ma S, Suzuki K. Protective effects of sulforaphane on exercise-induced organ damage via inducing antioxidant defense responses. *Antioxidants*, 2020;9(2):122-136.

18. Asjodi F, Rasekhi H, Ebrahimi Mousavi S, Mohajer Iravani O, Khazaei Y. The combined effect of taurine and omega-3 supplementation on delayed onset muscle soreness in high-intensity eccentric exercise. *Journal of Iranian Medical Council*. 2023; 6(3):504-513. [In Persian]

19. Schaffer S, Kim HW. Effects and mechanisms of taurine as a therapeutic agent. *Biomol Ther*. 2018;26(3):225-241.

20. Galan BS, Carvalho FG, Santos PC, et al. Effects of taurine on markers of muscle damage, inflammatory response and physical performance in triathletes. *J Sports Med Phys Fitness*. 2018;58(9):1318-1324.

21. Maleki V, Mahdavi R, Hajizadeh-Sharafabad F, Alizadeh M. The effects of taurine supplementation on oxidative stress indices and inflammation biomarkers in patients with type 2 diabetes: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Diabetology metabolic syndrome*. 2020; 12:9.

22. Samandari A, Sanjideh F, Faramarzi M, Banitalebi E, Ghahfarokhi MM. The effects of taurine supplementation on inflammatory cytokines and physical performance to simulated taekwondo-specific protocol in elite male athletes: A double-blinded, placebo-controlled,

Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2020; 23:9829176.

6. Al-Horani RA. A narrative review of exercise-induced oxidative stress: oxidative DNA damage underlined. *The Open Sports Sciences Journal*. 2022;15(1):1-13.

7. Mastali VP, Hoseini R, Azizi M. The short-term effect of vitamin D supplementation on the response to muscle and liver damages indices by exhaustive aerobic exercise in untrained men: a quasi-experimental study. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. 2022; 14(1):1-7.

8. Fadaei Chafy, M. R., Dashty, M. H., Hojjati, S. H. Effect of short-term taurine consumption on muscular strength and responses of muscle damage markers and hs-CRP following a single session of resistance exercise in resistance trained men. *Research in Exercise Nutrition*, 2022; 1(2):21-33. [In Persian]

9. Faramarzi M, Rahimi M, Azamian Jazi A, Ahmadian Joneghani J. Effect of taurine supplementation on markers of muscle damage from eccentric resistance exercise in male bodybuilders. *Modern Olympic*. 2015;1(2):175-88.

10. Kurtz JA, VanDusseldorp TA, Doyle JA, Otis JS. Taurine in sports and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2021;18(39):2-20.

11. Samieyan, A., Saidie, P., Mohebbi, H., Ghafouri, H. The effect of short-term supplementation of two different doses of taurine on some responses of salivary antioxidant markers to exhaustive aerobic activity in healthy young men. *Metabolism and Exercise*, 2019; 9(1): 55-70. [In Persian]

12. Chen, Qi, Zheng Li, Ricardo A. Pinho, Ramesh C. Gupta, Ukadike C. Ugbole, Anand Thirupathi, and Yaodong Gu. The dose response of taurine on aerobic and strength exercises: a systematic review. *Frontiers in Physiology*. 2021; 1(12):1-11.

13. Faghfour AH, Seyyed Shoura SM, Fathollahi P, Shadbad MA, Papi S, Ostadrahimi A, et al. Profiling inflammatory and oxidative stress biomarkers following taurine supplementation: a



crossover study. Research Square. 2021; 12(2): 20-31.

23. Goc Z, Kapusta E, Formicki G, Martiniaková M, Omelka R. Effect of taurine on ethanol-induced oxidative stress in mouse liver and kidney. Chinese Journal of Physiology. 2019; 62(4):148-156.