

Effect of 10 weeks of aerobic training with sesamin supplementation on non-enzymatic antioxidant

Bahloul Gorbanian*¹, Rogayeh Fakhrpour¹, Yousef Saberi², Mandana Dehbashi¹

1. Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

2. Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Urmia University, Urmia, Iran

(Received: 2019/12/25

Accept:2020/02/17)

Abstract

Background: Intense physical activity releases oxygen free radicals and causes oxidative damage in biological macromolecules. One of the ways to counter the adverse effects of oxidative stress from exercise is to use oral antioxidant supplements. The purpose of the present study was to investigate the effect of 10 weeks of aerobic training with sesamin supplementation on non-enzymatic stress oxidative markers in male athletes.

Materials and Methods: A total of 40 male athletes with a minimum of 4 years of continuous exercise experience participated voluntarily in the current quasi-experimental study. Participants were randomly divided into four groups: placebo (n=10), exercise (n=10), exercise + supplement (n=10), and supplement (n=10). The intervention was for 10 weeks and included an aerobic exercise (four days per week, each session for 30-35 minutes) and supplementation of sesamine (3 tablets of 17 mg per week). Blood samples were obtained at six stages including pre-test (baseline, immediately after, and 24 hours after a heavy training session) and post-test (after 10 weeks of aerobic training and 24 hours after an intensive training session). Data were analyzed using repeated measure ANOVA in SPSS at the significance level set at $p < 0.05$.

Results: After 10 weeks of aerobic training and supplementation of sesamine, plasma levels of TAC and uric acid significantly increased ($P = 0.001$) and bilirubin ($P = 0.007$) and total plasma protein ($P = 0.001$) decreased significantly.

Conclusion: It seems that supplementation of sesamine with aerobic activity with proper volume to improve non-enzymatic antioxidant status of athletes may be useful and can strengthen antioxidant system.

Keywords: Aerobic Exercise; Uric acid; bilirubin; Athletes

* Corresponding: Bahloul Gorbanian

Email:b.gorbanian@gmail.com

بررسی تاثیر ۱۰ هفته تمرین هوازی همراه با مکمل سزامین بر وضعیت آنتی اکسیدانی غیر آنزیمی

بهلول قربانیان^{۱*}، رقیه فخرپور^۱، یوسف صابری^۲، ماندانا دهباشی^۱

۱- گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران
 ۲- گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۲۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۰۴

چکیده:

سابقه و هدف: فعالیت بدنی شدید سبب رهايش رادیکال‌های آزاد اکسیژن و سبب آسیب‌های اکسایشی در ماکرو مولکول‌های زیستی می‌شوند. یکی از راه‌های مقابله با اثر نامطلوب فشار اکسایشی ناشی از فعالیت‌های ورزشی استفاده از مکمل‌های ضد اکسایشی خوراکی است. هدف مطالعه حاضر تعیین اثر ۱۰ هفته تمرین هوازی و مصرف مکمل سزامین بر عوامل استرس اکسایشی غیر آنزیمی در مردان ورزشکار بود.

مواد و روش‌ها: ۴۰ آزمودنی پسر ورزشکار با حداقل چهار سال سابقه فعالیت ورزشی مستمر به صورت داوطلبانه در این مطالعه تجربی شرکت کردند. آزمودنی‌ها به طور تصادفی در چهار گروه دارونما (۱۰ نفر)، تمرین (۱۰ نفر)، تمرین + مکمل (۱۰ نفر) و مکمل (۱۰ نفر) قرار گرفتند. مداخله به مدت ۱۰ هفته شامل پروتکل تمرین هوازی (چهار روز در هفته / ۳۵-۳۰ دقیقه) و مصرف مکمل سزامین (سه قرص ۱۷ میلی‌گرمی در هفته) بود. نمونه‌های خونی در شش مرحله شامل پیش آزمون (شرایط پایه بلافاصله و ۲۴ ساعت بعد از یک وهله تمرین شدید) و پس آزمون (بعد ۱۰ هفته تمرین هوازی و ۲۴ ساعت بعد از یک وهله تمرین شدید) گرفته شد. داده‌ها به وسیله آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر در سطح معناداری $p\text{-value} < 0.05$ تحلیل شد.

یافته‌ها: پس از ۱۰ هفته تمرین هوازی و مصرف مکمل سزامین، مقادیر پلاسمایی ظرفیت آنتی اکسیدانی تام و اسیداوریک افزایش معنادار ($P=0.001$) و بیلروبین ($P=0.007$) و پروتئین تام پلاسمایی ($P=0.001$) کاهش معنادار نسبت به حالت پایه داشتند.

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد استفاده از مکمل سزامین توأم با فعالیت هوازی با حجم مناسب برای بهبود وضعیت آنتی اکسیدانی غیر آنزیمی افراد ورزشکار میتواند مفید و سبب تقویت سیستم آنتی اکسیدانی آن‌ها شود.

واژگان کلیدی: تمرین هوازی، اسیداوریک، بیلروبین، ورزشکاران

مقدمه:

استرس اکسیداتیو منصوب می‌شود (۷). استرس اکسیداتیو سبب ایجاد بیماری‌هایی در بدن می‌شود که این بیماری‌ها در نتیجه آسیب سلولی و آسیب DAN هستند (۸). ۲ تا ۵ درصد اکسیژنی که در میتوکندری مصرف می‌شود رادیکال‌های آزاد تولید می‌کند، زمانی که فسفوریلاسیون اکسیداتیو در پاسخ به ورزش افزایش می‌یابد، همراه آن میزان رادیکال‌های آزاد نیز زیاد می‌شود. مطالعه‌های زیادی نشان می‌دهند که تمرین‌های هوازی طولانی مدت و تمرین‌های قدرتی تعادل بین رادیکال‌های آزاد و سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی را بر هم می‌زنند (۹)، به طوری که بین افزایش دمای سطحی بدن و افزایش میزان استرس اکسیداتیو هنگام ورزش رابطه وجود دارد (۱۰). از طرفی تمرین‌های منظم بدنسی، توانایی سیستم‌های ضد اکسایشی بدن را افزایش داده و و بدن را در مقابل خاصیت تخریب‌کنندگی رادیکال‌های

تولید کنترل نشده گونه‌های اکسیژن فعال در درون سلول سبب Stress Oxidative شده و با ایجاد اختلال در موازنه اکسیدان‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها، بر اکسایش درون سلولی تأثیر می‌گذارد (۲، ۱). رادیکال‌های آزاد توسط یک سیستم آنتی‌اکسیدانی بسیار قوی خنثی می‌شوند که شامل بیلی روبین، اسید اوریک، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام و پروتئین تام پلازما هستند (۳، ۴). یک طبقه‌بندی از آنتی‌اکسیدان‌ها آن‌ها را به دو گروه بزرگ آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیر آنزیمی تقسیم می‌کند (۵). یکی از مهم‌ترین عواملی که سبب افزایش شکل‌گیری رادیکال‌های آزاد در بدن می‌شود، تنفس شدید هنگام فعالیت بدنی و ورزش است (۶). فعالیت ورزشی شدید سبب ایجاد یک عدم تعادل بین تولید رادیکال‌های آزاد و آنتی‌اکسیدان‌ها می‌شوند، که به عنوان

نویسنده مسئول: بهلول قربانیان

پست الکترونیک: r.askari@hsu.ac.ir

و بیشتر از چهار سال سابقه ورزشی در رشته‌های ورزشی مختلف (فوتبال، شنا، دو و میدانی و ...) و پنج جلسه در هفته تمرین داشتند. معیار ورود به مطالعه داشتن حداقل چهار سال سابقه ورزشی، شرکت کردن در تمام جلسه‌های تمرینی و مصرف مکمل بود و معیار خروج از پژوهش، داشتن بیماری‌های قلبی-عروقی، سیگار کشیدن، مصرف کردن مشروبات الکلی، مصرف نکردن مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی در سه ماه اخیر بود.

نحوه مداخله مکمل و تمرین:

بعد از تایید طرح پژوهش در کمیته پژوهش دانشگاه و امضای رضایتنامه کتبی به وسیله آزمودنی‌ها و آشنایی با کلیات اجرای طرح، آزمودنی‌ها به طور تصادفی در چهار گروه ۱- مکمل سزامین+تمرین هوازی (۱۰ نفر) ۲- مکمل سزامین (۱۰ نفر) ۳- تمرین هوازی (۱۰ نفر) ۴- دارونما تقسیم شدند. همه گروه‌ها به جز گروه مکمل سزامین و دارونما در یک برنامه تمرین هوازی فزاینده به طول ۱۰ هفته شرکت کردند، درحالی که گروه مکمل سزامین در مدت پژوهش به مصرف سزامین پرداختند. مکمل سزامین به مقدار ۵۰ میلی‌گرم در هر هفته (۲۴) در کپسول‌های ژلاتینی برای گروه‌های دارای مکمل سزامین و گروه دارونما کپسول‌های حاوی نشاسته را مصرف کردند. قبل از اجرای برنامه تمرینی برخی شاخص‌های آنروپومتریک و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها شامل قد و وزن که به ترتیب با استفاده از قدسنج و ترازوی استاندارد و با دقت ۰/۱ سانتی متر و ۰/۱ کیلوگرم، شاخص توده بدن با استفاده از فرمول وزن بدن تقسیم بر مجذور قد به متر، نسبت دور کمر به لگن از تقسیم اندازه دور کمر به دور لگن و درصد چربی بدن نیز توسط کالیبر یا گامی، ساخت کشور ژاپن، با دقت ۰/۲ میلی‌متر) و با استفاده از معادله سه نقطه‌ای Jackson Pollock، اندازه‌گیری شد (۱۷). همچنین، حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها به وسیله آزمون تست بروس و فرمول مربوطه ارزیابی شد (۲۵). ابتدا از آزمودنی‌ها در پیش-آزمون خون‌گیری به عمل آمد. در مرحله دوم، بلافاصله بعد تست بروس خون‌گیری دوم انجام گرفت. ۲۴ ساعت بعد از تست بروس دوباره خون‌گیری برای بار سوم به عمل آمد. بعد از انجام خون‌گیری مرحله سوم، پیش آزمون، گروه‌ها به مدت ۱۰ هفته به تمرین تداومی دویدن و مصرف مکمل پرداختند. گروه اول (گروه تمرین هوازی + مکمل سزامین)، آزمودنی‌های این گروه به مدت ۱۰ هفته و در هر هفته سه عدد قرص مکمل سزامین (هر کدام به مقدار ۱۷ میلی‌گرم) را مصرف و تمرین هوازی را انجام دادند. گروه دوم (دارونما)، آزمودنی‌های این گروه به مدت ۱۰ هفته و در هر هفته سه عدد قرص نشاسته (هر کدام به مقدار ۵۰ میلی‌گرم) را مصرف کردند. گروه سوم (مکمل سزامین)، آزمودنی‌های این گروه به مدت ۱۰ هفته و هر هفته سه عدد قرص مکمل سزامین (هر کدام به مقدار ۱۷ میلی‌گرم) را مصرف کردند. گروه چهارم (تمرین هوازی)، آزمودنی‌های این گروه به مدت ۱۰ هفته و هر هفته چهار جلسه تمرین هوازی تداومی را انجام دادند. پروتکل تمرین تداومی دویدن به این صورت بود که از هفته اول تا هفته ششم مدت تمرین تخصصی ۲۵ دقیقه و پنج دقیقه تمرین عمومی و شدت تمرین‌ها در هفته اول تا پنجم ۶۰-۶۵ درصد حداکثر ضربان قلب و در هفته ششم با ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب و از هفته هفتم تا دهم مدت تمرین‌های تخصصی ۳۰ دقیقه و ۵ پنج دقیقه تمرین عمومی و شدت تمرین‌ها در هفته هفتم ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب و در هفته هشتم با ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب و در هفته نهم تا دهم با ۸۵ درصد حداکثر ضربان قلب انجام شد (۲۶).

شدت تمرین با استفاده از ضربان سنج پولار کنترل شد. جزئیات برنامه تمرینی آزمودنی‌ها در زیر آورده شده است.

۴۸ ساعت بعد از تمام شدن تمرین‌های دویدن تداومی و مصرف مکمل و دارونما بعد از مدت ۱۰ هفته، خون‌گیری برای مرحله چهارم به عمل آمد و بلافاصله تست بروس و بعد از تست بروس خون‌گیری برای پنجمین بار به عمل آمد و بعد از ۲۴ ساعت از تست بروس خون‌گیری برای آخرین بار یعنی بار ششم از آزمودنی‌ها به عمل آمد. برای اندازه‌گیری متغیرهای خونی، خون‌گیری (۵ میلی‌لیتر) از ورید بازو و در حالت نشسته در شش مرحله انجام شد (مراحل در جدول زیر آورده شده است). پس از پایان خون‌گیری، نمونه‌ها در منفی ۷۰ درجه سانتی‌گراد برای آنالیزهای بعدی فریز شد. در تحقیق حاضر برای تعیین مقادیر پروتئین تام پلاسما و بیلی‌روبین و اسید اوریک از کیت‌های شرکت پارس آزمون و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام شرکت زلبایو آلمان استفاده شد.

آزاد که در اثر ورزش افزایش می‌یابند، محافظت می‌کند. این یافته موضوع مهمی است، زیرا نشان می‌دهد که چگونه بدن خود را با نیازیهای ورزشی سازگار می‌کند (۱۱). در تحقیقی به اثر یک جلسه تمرین حاد، یک دوره تمرین‌های سرعتی و یک دوره بی‌تمرینی روی پراکسیدان لیپیدی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در دو گروه از موش‌ها تجربی و کنترل پرداختند. نتایج نشان داد غلظت بیلی‌روبین پلاسما در جلسه‌های اول، بیست و چهارم و سی و ششم در گروه تجربی افزایش معنادار داشته است (۱۲). در تحقیقی دیگر به تأثیر ۱۲ هفته تمرین استقامتی و یک دوره بی‌تمرینی بر میزان پراکسیدان لیپیدی و پاسخ دستگاه ضد اکسایشی (FRAP)، اسید اوریک، بیلی‌روبین و پروتئین تام در دو گروه از موش‌های ویستار پرداختند. در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری در گروه تجربی اسید اوریک و بیلی‌روبین تفاوت معناداری یافت، ولی پروتئین تام پلاسما تغییر قابل توجهی نکرد (۱۳). همچنین در تحقیقی به بررسی اثر هشت هفته تمرین تای چی روی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در زنان غیرفعال قبل و بعد از یائسگی پرداختند. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد هیچ‌گونه تغییر معناداری در میزان غلظت اسید اوریک پلاسما در این زنان رخ نداد (۱۴). این تغییرها به طور آهسته و به مرور زمان و به صورت موزایی با دیگر سازگاری‌های ورزش رخ می‌دهد. برای حفظ سیستم دفاع آنتی-اکسیدانی و محافظت از آسیب اکسایشی استفاده از تغذیه مناسب ضروری است، تغذیه صحیح برای بهبود عملکرد ورزشی، بازگشت به حالت اولیه بعد از خستگی ورزش، جلوگیری از آسیب و محافظت از آسیب اکسایشی لازم است، بنابراین با توجه به افزایش میزان استرس اکسیداتیو در جریان فعالیت ورزشی با شدت بالا، بالا بردن توان آنتی‌اکسیدانی ورزشکاران بخصوص از طریق تغذیه متعادل مصرف مکمل‌ها تأکید می‌شود. یکی از این مکمل‌ها که می‌توان به عنوان مکمل مناسب در جیره غذایی ورزشکاران گنجانده، سزامین است (۱۵). سزامین اصلی‌ترین لیگان موجود در دانه کنجد است که محلول در چربی است. سزامین خواص بیولوژیکی متعددی دارد که از آن جمله می‌توان به کاهش سطوح سرمی و کبدی کلسترول و تری‌گلیسیرید از طریق اکسیداسیون اسیدهای چرب اشاره کرد (۱۵). در مطالعه‌ها اثر ضد فشار خونی و ضد سکنه قلبی آن نیز به طور گسترده‌ای بررسی شده است. به علاوه گزارش شده است که سزامین سطوح Alpha tocopherol را افزایش داده و تولید beta ۱ Interleukin و PGE2 (PROSTAGLANDIN) و ترومبوکسان B2 را کاهش داده و به این ترتیب سبب سرکوب فرآیندهای آندوتوکسین می‌شود. بخش مهمی از اثر سزامین مربوط به خواص آنتی‌اکسیدانی آن است. سزامین در کبد به فرم آنتی‌اکسیدانی تبدیل شده و تولید سوپراکسید را در آندوتلیوم آئورت مهار می‌کند. همچنین قدرت مارکرهای التهابی غیرآنزیمی را به طور معناداری کاهش می‌دهد (۱۶). اما متأسفانه تاکنون تحقیقی در زمینه تأثیر مکمل سزامین به همراه فعالیت ورزشی بر مارکرهای استرس اکسایشی انجام نشده است که به عنوان نوآوری تحقیق حاضر در نظر گرفته می‌شود و همچنین اکثر تحقیق‌های انجام گرفته در زمینه مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی به همراه فعالیت ورزشی روی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و ضد اکسایشی انجام گرفته است و مطالعه‌ای انجام گرفته در این زمینه بر روی آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی کمتر و ضد و نقیض است. بنابراین با توجه به اثر آنتی‌اکسیدانی ضد اکسایشی و نقش مهم این آنزیم‌ها در جلوگیری از استرس اکسایشی بویژه در موقع فعالیت‌های ورزشی و از آنجا که از سزامین به عنوان یک ماده آنتی‌اکسیدانی آگزوژن یاد می‌شود، پس هدف محقق در این مطالعه بررسی تأثیر ۱۰ هفته تمرین هوازی به همراه مکمل سزامین بر عوامل استرس اکسایشی غیر آنزیمی است.

روش کار:

جامعه و نمونه:

مطالعه حاضر از نوع تجربی دوسو کور بوده و پروپوزال طرح در کمیته پژوهش و اخلاق دانشگاه شهید مدنی آذربایجان طی شماره ۲۱۴/د/۲۵۱۴۱ به تصویب رسیده است. جامعه آماری آن مردان ورزشکار دانشگاه شهید مدنی آذربایجان بودند که از بین آن‌ها ۶۰ مرد ورزشکار انتخاب شدند که بعدها به دلیل افت آزمودنی (منطبق نبودن با برنامه تمرینی تحقیق) به ۴۰ نفر کاهش یافت. حجم نمونه بر اساس پیشینه پژوهش و مطالعه‌های انجام شده در خصوص تأثیر تمرین‌های ورزشی بر پژوهش‌های انسانی تعیین شد (۷). آزمودنی‌ها در دامنه سنی ۲۰ تا ۲۵ سال قرار داشته

مداخله، در بین گروه‌های تجربی تفاوت معناداری وجود نداشت ($P > 0.05$). اما بین گروه‌های تجربی با دارونما تفاوت معنادار وجود دارد که نشان‌دهنده اثر مداخله است. همچنین نتایج تحلیل واریانس دو طرفه با آزمون اندازه‌گیری مکرر نشان داد، تاثیر گروه، زمان و تعامل بین زمان و گروه در متغیرهای مورد مطالعه در تحقیق معنادار است (جدول ۱، ۲) ($P < 0.05$).

بحث:

سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن انسان وظیفه دارد با تولید و به کارگیری مواد آنتی‌اکسیدانی سبب قطع زنجیره واکنش‌های ایجاد شده به وسیله رادیکال‌های آزاد شود (۱). ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام در اثر ۱۰ هفته تمرین هوازی و مکمل‌دهی سزامین در گروه‌های مورد مداخله افزایش معناداری داشت. این یافته با مطالعه‌های Ghordon و همکاران (۲۰۰۸)، Mitranun و همکاران (۲۰۱۴)، Alghadir و همکاران (۲۰۱۵) و Vinetti و همکاران (۲۰۱۵) هم‌سو است (۲۱، ۲۰، ۱۹، ۱۸). اما از معدود مطالعه‌های ناهم‌سو با مطالعه حاضر تحقیق افضل‌پور (۱۳۸۴) را می‌توان نام برد که در این مطالعه با عنوان تاثیر تمرین‌های هوازی متوسط و شدید بر فعالیت آنزیم Aryl Esterase (ARE) و ((Total Antioxidant Capacity (TAC) مردان سالم غیرفعال بررسی شد. یافته‌های پژوهش حاکی است که تمرین‌های تناوبی (با شدت‌های ۶۰ تا ۸۵

هفته‌ها	مدت تمرین (دقیقه)	شدت تمرین (درصد حداکثر ضربان قلب)
اول	۲۵	۶۰ تا ۶۵
دوم	۲۵	۶۰ تا ۶۵
سوم	۲۵	۶۰ تا ۶۵
چهارم	۲۵	۶۰ تا ۶۵
پنجم	۲۵	۶۰ تا ۶۵
ششم	۲۵	۷۰
هفتم	۳۰	۷۵
هشتم	۳۰	۸۰
نهم	۳۰	۸۵
دهم	۳۰	۸۵

پیش آزمون	بلافاصله پس از تست بروس	۲۴ ساعت پس از تست بروس	ده هفته مکمل دهی سزامین و تمرین هوازی	۴۸ ساعت بعد تست بروس	۲۴ ساعت بعد از تست بروس
مرحله اول خونگیری	مرحله دوم خونگیری	مرحله سوم خونگیری	مرحله چهارم خونگیری	مرحله پنجم خونگیری	مرحله ششم خونگیری

روش آماری:

برای تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه گروه‌ها به صورت درون گروهی و بین گروهی، پس از تایید توزیع نرمال داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف ($K-S$)، از آزمون تحلیل واریانس دوره‌ای تکراری استفاده شد. تمامی داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار ارائه شده‌اند و همه محاسبات با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS۲۰ در سطح معناداری $P \leq 0.05$ انجام شد.

یافته‌ها:

در مطالعه حاضر میانگین سن گروه‌های دارونما، تمرین هوازی، مکمل سزامین و مکمل سزامین+ تمرین هوازی به ترتیب، $22/30 \pm 1/63$ ، $22/30 \pm 1/41$ ، $22/00 \pm 1/43$ و $23/54 \pm 1/64$ سال، وزن به ترتیب، $67/82 \pm 4/26$ کیلوگرم و قد به ترتیب، $170/25 \pm 3/30$ ، $169/21 \pm 5/30$ ، $169/28 \pm 5/30$ سانتی‌متر بود. با توجه به جدول یک، پروتئین تام پلاسمایی در مقایسه مرحله یک با چهار یعنی قبل از تمرین و ۱۰ هفته بعد از تمرین در گروه مداخله بویژه گروه تمرین کاهش یافته است و در مقایسه مرحله دو و پنج (بعد از تست بروس) کاهش وجود دارد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام در مقایسه مرحله یک با چهار در گروه تمرین به صورت معنادار افزایش یافته است ($P = 0.018$) ولی در مقایسه مرحله دو با پنج کاهش یافته است و در گروه ترکیبی در مقایسه یک با چهار کاهش معنادار وجود داشته است ($P = 0.049$) ولی بین دو با پنج افزایش یافته است ($P = 0.004$). با توجه به جدول ۲، در گروه مداخله میزان اسیداوریک پلاسما پس از ۱۰ هفته تمرین نسبت به حالت پایه افزایش معنادار یافته است ($P = 0.001$) بویژه در گروه تمرین و در مقایسه مرحله دو با پنج باز هم مقدار اسیداوریک افزایش داشته است ($P = 0.001$). میزان تغییرهای بیلی‌روبین در گروه مداخله در مقایسه مرحله یک با چهار کاهش دیده می‌شود و همین‌طور مراحل دو با پنج نیز کاهش و مرحله سه با شش نیز کاهش وجود داشته است. در کل مقدار بیلی‌روبین در اثر تمرین و مکمل کاهش یافته است. همچنین نتایج مربوط به تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر نشان داد در مقدار تغییرات اسیداوریک، بیلی‌روبین، پروتئین تام پلاسما و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام در طول دوره

درصد ضربان قلب ذخیره بیشینه) در تولید فشار اکسایشی و تغییرهای معنادار آنزیم ARE و مقدار TAC تاثیر نداشت (۲۲).

تمرین‌های ورزشی بر تولید گونه‌های واکنشگر اکسیژن (ROS) و نیتروژن (RNS) تاثیر می‌گذارد و به احتمال به حالت، شدت، طول زمان فعالیت ورزشی و انرژی مورد نیاز فعالیت ورزشی، مقادیر اکسیژن مصرفی و فشار مکانیکی تحمیل شده بر بافت بستگی دارد (۲۳، ۲۴). از دلایل احتمالی هم‌سو بودن مطالعه حاضر با مطالعه‌های ذکر شده، پروتکل تمرینی مشترک موجود در مطالعه‌های ذکر شده با مطالعه حاضر است. به این دلیل که، سهم عمده فعالیت ورزشی بی‌هوازی نیاز به تامین زیاد ATP دارد که برای تولید انرژی ATP تجزیه می‌شود. وقتی مقدار زیادی از ATP سریع شکسته می‌شود، ADP می‌تواند واکنش‌های کاتابولیکی در تشکیل گزانتین و اسید اوریک را ادامه دهد. گزانتین اکسیداز این واکنش‌ها را کاتالیز و O_2^- تولید می‌کند. در نهایت از تجزیه انتقال الکترونی خارج می‌شود و واکنش‌های رادیکالی خطرناک را آغاز یا گسترش می‌دهد که سبب افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود و همچنین شاید دلیل قانع‌کننده‌ای برای هم‌سو بودن مطالعه حاضر با تحقیق‌های ذکر شده باشد. از دلایل ناهم‌سو بودن تحقیق حاضر با مطالعه افضل‌پور می‌توان به مصرف نکردن مکمل آنتی‌اکسیدانی در تحقیق افضل‌پور اشاره کرد. همچنین نوع انقباض و تارهای عضلانی و غلظت کلسیم برای انقباض از دلایل احتمالی برای ناهم‌سو بودن مطالعه حاضر با مطالعه افضل‌پور است. از دلایل دیگر ناهم‌سو بودن مطالعه حاضر با مطالعه ذکر شده می‌توان به نوع و درصد سوبستراهای مصرفی آزمودنی‌های مورد مطالعه با مطالعه افضل‌پور را اشاره کرد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد سطوح اسیداوریک پلاسمایی بعد از ۱۰ هفته تمرین هوازی و مکمل سزامین افزایش یافت. مطالعه‌های هزار و همکاران نیز نشان می‌دهد که سطح اوره سرم بازیکنان حرفه‌ای فوتبال قبل، بلافاصله و یک ساعت بعد از تمرین سرعتی تغییری نمی‌کند، ولی سطح اسیداوریک آن‌ها افزایش می‌یابد (۲۵). می‌توان گفت که سزامین به عنوان یک آنتی‌اکسیدان، رادیکال‌های آزاد را خنثی کرده و اقدام‌های حفاظتی کافی در برابر هرگونه اثر مضر رادیکال‌های آزاد را دارد. مصرف آنتی‌اکسیدان‌ها پتانسیل بسیار زیاد در پیشگیری از بیماری‌ها را داراست و در پیشگیری از آسیب سلولی و برای درمان سرطان، پیری زودرس و انواع بیماری‌ها

جدول ۱. بررسی مراحل ظرفیت آنتی اکسیدانی تام و پروتئین تام پلاسما در گروه های مختلف

گروه	مراحل اندازه گیری آنتی اکسیدانی تام (مجموع نام (بی) (بی))	میانگین و انحراف استاندارد	گروه	مراحل اندازه گیری آنتی اکسیدانی تام پلاسما (مجموع نام (بی) (بی))	میزان
دارونما	۱	۶۸۷/۲۶ ± ۴۷/۰۲	دارونما	۱	۷/۶۳ ± ۰/۳۸
	۲	۷۷۰/۹۸ ± ۴۶/۸۰		۲	۷/۷۵ ± ۱/۱۱
	۳	۶۸۳/۲۸ ± ۱۲/۴۱		۳	۷/۱۶ ± ۰/۲۰
	۴	۶۷۲/۳۰ ± ۴۹/۱۳		۴	۷/۰۶ ± ۰/۳۱
	۵	۶۸۴/۴۰ ± ۴۰/۹۸		۵	۷/۲۱ ± ۰/۳۱
	۶	۶۸۱/۴۴ ± ۴۴/۴۹		۶	۷/۳۴ ± ۰/۵۵
تمرین	۱	۶۷۶/۱۲ ± ۲۷/۸۶	تمرین	۱	۷/۶۷ ± ۰/۵۵
	۲	* ۷۹۷/۲۵ ± ۲۴/۲۲		۲	* ۸/۷۳ ± ۰/۴۶
	۳	* ۶۸۶/۴۷ ± ۴۹/۰۰		۳	* ۶/۷۶ ± ۰/۵۹
	۴	* ۷۵۲/۹۶ ± ۵۳/۷۴		۴	* ۸/۵۰ ± ۰/۳۵
	۵	* ۶۷۲/۸۵ ± ۴۳/۳۶		۵	۷/۶۴ ± ۰/۴۵
	۶	* ۷۷۲/۸۳ ± ۴۰/۶۰		۶	* ۸/۶۵ ± ۰/۳۹
مکمل + تمرین	۱	۶۷۶/۱۱ ± ۱۲/۰۵	مکمل + تمرین	۱	۷/۶۷ ± ۰/۶۱
	۲	* ۷۸۸/۰۶ ± ۳۳/۶۹		۲	* ۸/۶۳ ± ۰/۵۳
	۳	* ۶۷۱/۵۴ ± ۳۲/۸۷		۳	* ۶/۶۰ ± ۰/۴۴
	۴	* ۶۵۰/۶۷ ± ۴۱/۶۴		۴	۷/۶۰ ± ۰/۴۱
	۵	* ۸۴۵/۲۰ ± ۳۰/۸۷		۵	* ۹/۵۲ ± ۰/۴۸
	۶	* ۷۸۷/۵۰ ± ۵۲/۰۰		۶	* ۸/۵۰ ± ۰/۰۶
مکمل	۱	۶۶۹/۳۶ ± ۳۰/۳۰	مکمل	۱	۷/۶۴ ± ۰/۴۷
	۲	* ۷۸۶/۱۱ ± ۳۴/۰۲		۲	* ۸/۶۵ ± ۰/۵۰
	۳	۶۵۷/۲۳ ± ۴۰/۹۳		۳	* ۶/۶۶ ± ۰/۳۷
	۴	* ۷۶۷/۰۲ ± ۶۱/۸۰		۴	۷/۵۰ ± ۰/۶۵
	۵	* ۷۱۲/۸۵ ± ۷۳/۶۷		۵	۷/۷۱ ± ۰/۴۴
	۶	* ۷۶۰/۸۹ ± ۴۰/۹۶		۶	* ۸/۵۷ ± ۰/۴۰

۱- حالت پایه (قبل مداخله)، ۲- بعد از تست بروس اول (قبل مداخله)، ۳- ۲۴ ساعت بعد تست بروس (قبل مداخله)، ۴- بعد از ده هفته مکمل دهی سزامین و تمرین، ۵- بعد از تست بروس (بعد از مداخله)، ۶- ۲۴ ساعت بعد تست بروس (بعد از مداخله)

اثر گروه، زمان و تعامل زمان و گروه در متغیرهای مورد اندازه گیری

متغیر	عوامل مورد مطالعه	F	p
ظرفیت آنتی اکسیدانی تام	اثر گروه	۱۲/۳۱۹	*.۰/۰۰۱
	اثر زمان (مراحل اندازه گیری)	۱۹/۳۴۶	*.۰/۰۰۱
پروتئین تام پلاسما	تعامل زمان و گروه	۷/۶۳۱	*.۰/۰۰۱
	اثر گروه	۹/۲۸	*.۰/۰۰۱
	اثر زمان (مراحل اندازه گیری)	۷/۴۵	*.۰/۰۰۱
	تعامل زمان و گروه	۱۲/۲۸	*.۰/۰۰۱

* اختلاف معنادار نسبت به حالت پایه

مؤثرند. از سوی دیگر عملکرد اسیداوریک به عنوان یک ماده ضد اکسایشی مورد تاکید قرار گرفته است. درانسان اسیداوریک فراوان ترین آنتی اکسیدان محلول است و ۶۰ درصد ظرفیت آنتی اکسیدانی پلاسما را تشکیل می دهد (۲۶). از آنجا که یک جلسه فعالیت ورزشی شدید می تواند غلظت اسیداوریک خون را افزایش دهد و به عنوان یک نقش محافظتی عمل کند و به این ترتیب منطقی است که تصور کنیم افزایش اسیداوریک می تواند در برابر منابع گونه های اکسیژن فعال خون از بدن استرس اکسایشی گلبول های قرمز خون و دیگر بافتها را کاهش می دهد (۲۷، ۲۸). بنابراین می توان گفت که مصرف سزامین به عنوان یک آنتی اکسیدان با افزایش غلظت اسید اوریک منجر به کاهش رادیکال های آزاد و کمک به بهبود سلامت می شود. از طرفی افزایش اسید اوریک در پژوهش را می توان ناشی از افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی دانست که بر اثر سازگاری های ناشی از تمرین در افراد ایجاد شده است. محققان زیاد بودن میزان اسید اوریک پلاسما می گروه ورزشکار نسبت به گروه غیر ورزشکار را ناشی از پاسخ سیستم آنتی اکسیدانی و از جمله اسید اوریک را به فشار اکسایشی ایجاد شده از طریق ورزش منظم می دانند (۷). اسید اوریک پلاسما می با قابلیت باند شدن با آهن و مس موجود در خون، از غلظت این دو عنصر می کاهد. همچنین از تولید و گسترش رادیکال های آزاد در بدن می کاهد. علاوه بر این، اسید اوریک به عنوان پاک کننده گونه های اکسیژن واکنش پذیر عمل می کند و گونه های اکسیژن واکنش پذیر خون را نیز کاهش می دهد. ویتامین C به عنوان آنتی اکسیدانی ویتامینی در بدن وجود دارد و به عنوان یک آنتی اکسیدان پلاسما می، بدن را در برابر

رادیکال های آزاد محافظت می کند. نقش دیگری که اسید اوریک در محافظت از ویتامین C است که اسید اوریک پلاسما می با این نقش محافظتی از ویتامین C، بدن را در برابر رادیکال های آزاد حفاظت می کند (۲۹). اسید اوریک ماده ای است که از تجزیه بازهای پورین در بدن تولید می شود. رژیم غذایی مصرف شده فرد در میزان اسید اوریک موجود در پلاسما خون تاثیر دارد. زمانی که فرد غذای غنی از پروتئین مصرف می کند، میزان اسید اوریک پلاسما می آن نیز افزایش پیدا می کند که به عنوان عامل دخالتی در نتیجه این تحقیق است و یکی از محدودیت های پژوهش حاضر عدم کنترل تغذیه آزمودنی ها بود. همچنین از یافته های دیگر مطالعه حاضر کاهش معنادار مقدار بیلی روبین پلاسما در اثر ۱۰ هفته تمرین و مکمل دهی سزامین بود. نتایج برخی مطالعه ها حاکی از بالاتر بودن میزان پایه بیلی روبین تام در گروه ورزشکاران است. ناهم سو با مطالعه حاضر، Swift و همکاران (۲۰۱۱)، پس از ۱۲ هفته تمرین هوازی در زنان سالمند، افزایش معناداری در میزان بیلی روبین تام مشاهده کردند که این افزایش پس از چهار و هشت هفته ورزش معنادار نبوده است (۳۰). این امر نشان می دهد که تغییر در میزان بیلی روبین تام، نیازمند تمرین های طولانی مدت است. مطالعه ها نشان داده اند که سطوح پایین بیلی روبین تام (کمتر از ۷/۸۰۰ میلی گرم بر لیتر) احتمال بالا رفتن خطر های قلبی - عروقی را در پی دارد. در مورد مکانیزم احتمالی بالا بودن بیلی روبین تام در ورزشکاران، شواهد علمی نشان داده است که افرادی که درصد چربی بالایی دارند و در معرض خطر بیماری هایی همچون دیابت نوع ۲ و سندرم متابولیک هستند،

جدول ۲. بررسی مراحل اسید اوریک و بیلی روبین در در گروه‌های مختلف

گروه	مراحل اسید اوریک (میانگین ± انحراف استاندارد)	متغیر	گروه	مراحل اسید اوریک (میانگین ± انحراف استاندارد)
دارونما	۱		دارونما	۱
	۲			۲
	۳			۳
	۴			۴
	۵			۵
	۶			۶
تمرین	۱		تمرین	۱
	۲			۲
	۳			۳
	۴			۴
	۵			۵
	۶			۶
مکمل + تمرین	۱		مکمل + تمرین	۱
	۲			۲
	۳			۳
	۴			۴
	۵			۵
	۶			۶
مکمل	۱		مکمل	۱
	۲			۲
	۳			۳
	۴			۴
	۵			۵
	۶			۶

۱- حالت پایه (قبل مداخله)، ۲- بعد از تست بروس اول (قبل مداخله)، ۳- ۲۴ ساعت بعد تست بروس (قبل مداخله)، ۴- بعد از ده هفته مکمل دهی سزامین و تمرین، ۵- بعد از تست بروس (بعد از مداخله)، ۶- ۲۴ ساعت بعد تست بروس (بعد از مداخله)

اثر گروه، زمان و تعامل زمان و گروه در متغیرهای مورد اندازه‌گیری

متغیر	اثر عوامل مورد مطالعه	F	p
اسید اوریک	اثر گروه	۸/۵۱۵	*./۰۰۱
	اثر زمان (مراحل اندازه‌گیری)	۷/۶۳۱	*./۰۰۱
	تعامل زمان و گروه	۱۳/۴۲۲	*./۰۰۱
بیلی روبین	اثر گروه	۳۰/۵۴۴	*./۰۰۱
	اثر زمان (مراحل اندازه‌گیری)	۵۰/۰۱	*./۰۰۱
	تعامل زمان و گروه	۱۰/۷۳۳	*./۰۰۱

*اختلاف معنادار نسبت به حالت پایه

مواد متابولیتی پلاسما می‌شود که آن را افزایش غلظت خون می‌گویند. پروتئین‌ها جزئی از مواد تشکیل‌دهنده پلاسما می‌باشند که غلظت پروتئین‌های پلاسما در اثر فعالیت ورزشی و خروج خون از دیواره عروق افزایش پیدا می‌کند. چندین عامل می‌تواند در افزایش سطوح پروتئین تام پلاسما نقش داشته باشد. توزیع دوباره پروتئین به دلیل افزایش بازگشت لنفاتیک پروتئین تام بینابینی هنگام ورزش و پس از آن می‌تواند سبب توزیع دوباره پروتئین از فضای بین سلولی به فضای درون عروقی شود که، این مهم‌ترین سازوکار افزایش سطوح آلبومین پلاسماست (۳۴). عامل دیگر در افزایش سطوح آلبومین پلاسما، افزایش جریان لنف هنگام ورزش و بلافاصله پس از آن است که در حد بالا باقی می‌ماند و سبب تراوش خاص آلبومین به داخل جریان خون می‌شود. اشاره شده است که اگر میزان جریان لنف در دوره بازگشت به حالت اولیه در سطح بالا باقی بماند، محتوای آلبومین پلاسما نیز به همین ترتیب افزایش خواهد یافت (۴۰). همچنین، افزایش پروتئین تام در تمرین‌های شدید می‌تواند ناشی از میزان افزایش سنتر آلبومین بین سه تا شش ساعت پس از ورزش شدید باشد که افزایش سطوح هورمون‌های استرسی مانند کاتولامین‌ها، کورتیزول و گلوکاکورون در این تمرین‌ها، می‌تواند بر افزایش سنتر پروتئین سرم تاثیر بگذارد (۳۵). بنابراین با توجه به یافته‌های مطالعه حاضر، پیشنهاد می‌شود ترکیب مکمل سزامین و

فعالیت آنزیم ۱-Hemeoxygenase (HO-۱) پایین‌تری دارند (۳۱). این آنزیم محدود کننده و مسئول تبدیل Biliverin به بیلی‌روبین است. باتوجه به کمتر بودن درصد چربی گروه ورزشکار، این موضوع با افزایش پایه میزان بیلی‌روبین در ارتباط است. دیگر مکانیزم احتمالی که ممکن است در این افزایش نقش داشته باشد، افزایش میزان همولیز در اثر برخورد پاشنه با زمین، دمای مرکزی بالاتر و فشار اکسایشی ناشی از ورزش است (۳۲). میزان هم اکسیژن‌ناز بالاتر ممکن است به تولید بیلی‌روبین بیشتر منجر شود (۳۳). از سوی دیگر، دلیل کاهش بیلی‌روبین بعد از ۱۰ هفته تمرین را نیز می‌توان به پایین بودن شدت تمرین‌ها و به نوع تمرین‌ها نسبت داد. پایین بودن شدت تمرین‌ها سبب ایجاد فشار کمتری در تولید رادیکال‌های آزاد در بدن می‌شود. همچنین به خاطر وجود روزهای استراحت در پروتکل تمرین شاید سبب شده است تا فشار وارد به ورزشکاران نسبت به تمرین‌ها با شدت بالا کمتر باشد که این عامل سبب کاهش تولید بیلی‌روبین پلاسما می‌شده است.

مقدار پروتئین تام پلاسما در اثر ۱۰ هفته تمرین و مکمل دهی سزامین در گروه‌های مداخله کاهش معنادار داشته است. از آثار کوتاه‌مدت شناخته شده ورزش روی خروج خون از دیواره عروق است که پیامد آن کاهش حجم پلاسما و خون است. خروج مایعات از پلاسما سبب کاهش حجم پلاسما و در نتیجه افزایش هماتوکریت و غلظت

برای کاهش رادیکال‌های آزاد تولیدی در بدن استفاده و سیستم ایمنی را تقویت و از عوارض ناشی از استرس اکسایشی در افراد ورزشکار جلوگیری کرد.

تشکر و قدردانی:

مقاله حاضر حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته فیزیولوژی ورزشی گرایش فیزیولوژی کاربردی است. از تمام آزمودنی‌های شرکت کننده در پژوهش حاضر نهایت تشکر و قدردانی را به عمل می‌آوریم.

فعالیت‌های هوازی در نمونه‌های غیر ورزشکار مرد و زن و همچنین ورزشکاران زن هم بررسی شود. از محدودیت‌های مطالعه حاضر می‌توان به انگیزه، سطح آمادگی و سبک زندگی آزمودنی‌های مورد مطالعه در این تحقیق اشاره کرد.

نتیجه‌گیری:

به نظر می‌رسد فعالیت ورزشی به تنهایی سبب تقویت دستگاه آنتی‌اکسیدانی در آزمودنی‌ها می‌شود، اما ترکیب تمرین هوازی همراه با مصرف مکمل سزامین اثربخشی بیشتری دارد و می‌توان مکمل‌سازی سزامین را به همراه تمرین‌های هوازی متوسط

منابع:

- Gomez-Cabrera M.C, Ristow M, Vina J. Antioxidant supplements in exercise: Worse than useless Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. 2012;302:E476-77. [PubMed]
- Venditti P, Napolitano G, Barone D, Di Meo S. Effect of training and vitaminE administration on rat liver oxidative metabolism. Free Radic Res 2014;48:322-32.
- Shemshaki A, Ghanbari Niaki A, Rajab H, Hedayati M& Salami F., Fatemeh. Effect of Alpine Ski Exercise on the antioxidant status of male skiers. Endocrine & Metabolism Research Center. 2007; 9, 3: 291-297. (Full Text in Persian)
- Naghizadeh, Hasan, Banparvari, Maryam, Salehi Kia, Abbas. Impact of exercise program with Vitamin E consumption on antioxidant status and cardiovascular factors. Journal of Research in Zahedan University of Medical Sciences. 2010;1: 33-39. (Full Text in Persian)
- Stepanyan V, Crowe M, Haleagrahara N, Bowden B. Effects of vitamin E supplementation on exercise-induced oxidative stress: a meta-analysis. Appl Physiol Nutr Metab 2014;39:1029-37.
- Giusti-Paiva A, Domingues VG. Centrally administered ascorbic acid induces antidiuresis, natriuresis and neurohypophyseal hormone release in rats. Neuro Endocrinol Lett. 2010;31(1):87-91.
- Higashida K, Kim SH, Higuchi M, Holloszy JO, Han DH. Normal adaptations to exercise despite protection against oxidative stress. Am J Physiol Endocrinol Metab. 2011;301(5):E779-84.
- Decroix L, Tonoli C, Soares DD, Descat A, Driittij-Reijnders MJ, Weseler AR, et al. Acute cocoa Flavanols intake has minimal effects on exercise-induced oxidative stress and nitric oxide production in healthy cyclists: a randomized controlled trial. J Int Soc Sports Nutr. 2017;14:28.
- Spector A., Kuzak J. R., Ma W. C., Wang R. R., Ho Y. S. and Yang Y. Q. The effect of photochemical stress upon the lenses of normal and glutathione peroxidase-1knockout mice. Exp. Eye Res. 2010; 67: 457-471
- Moghaddam MHB, Aghdam FB, Jafarabadi MA, Allahverdipour H, Nikookheslat SD, Safarpour S. The Iranian version of international physical activity questionnaire (IPAQ) in Iran: content and construct validity, factor structure, internal consistency and stability. World Appl Sci. 2012;18(8):10738015. (Full Text in Persian)
- Peternelj TT, Coombes JS. Antioxidant supplementation during exercise training: Beneficial or detrimental Sports Med 2011;41:1043-69.
- Peterson J, Dwyer J, Adlercreutz H, Scalbert A, Jacques P, McCullough ML. Dietary lignans physiology and potential for cardiovascular disease risk reduction. Nutr Rev. 2010;68(10):571-60310
- Sheikhholeslami Vatani, Dariush, Gaeini, Abbas Ali, Allameh, Abdul Amir, Ravi, Ali Asghar, Kurdi, Mohammad Reza, Dadkhah, Abolfazl. The Effect of a Periodic and Exercise Speed Training Course on Lipid Peroxidation and Antioxidant Control in Wistar Mice. Journal of Sport Biological Sciences, 2009; 1 (1): 23-41. (Full Text in Persian)
- Palasuwan, A., Suksom, D., Margaritis, I., Soogarun, S., Rousseau, A. .Effects of Tai Chi training on antioxidant capacity . 2011;Apr 11. doi: 10.4061/2011/234696
- Heidarifar Maryam, Dehghan Nayeri Fatemeh; The Effect of Cobalt Nanoparticles on the Expression of the Genes Affected by the Sosome Biosynthesis Route in Sesame, Journal of Cell and Baft (Scientific and Research) Volume 6, Issue 2, Summer 2013. (Full Text in Persian
- Wu WH, Kang YP, Wang NH, Jou HJ, Wang TA. Sesame ingestion affects sex hormones, antioxidant status, and blood lipids in postmenopausal women. J nutrit. 2006;136(5):12705.
- Jackson A S, Pollock, M (1985) Practical assessment of body composition. Physician Sport Med. 13: 76-90.
- Gordon LA, Morrison EY, McGrowder DA, Young R, Fraser YTP, Zamora EM, et al. Effect of exercise therapy on lipid profile and oxidative stress indicators in patients with type 2 diabetes. BMC

- complementary and alternative medicine. 2008;8(1):21.
19. Mitranun W, Deerochanawong C, Tanaka H, Suksom D. Continuous vs interval training on glycemic control and macro-and micro-vascular reactivity in type 2 diabetic patients. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2014;24(2):e69-e76.
20. Alghadir AH, Gabr SA, Anwer S, Al-Eisa E. Fatigue and oxidative stress response to physical activity in type 2 diabetic patients. *International Journal of Diabetes in Developing Countries*. 2016;36(1):59-64. (Full Text in Persian)
21. Vinetti G, Mozzini C, Desenzani P, Boni E, Bulla L, Lorenzetti I, et al. Supervised exercise training reduces oxidative stress and cardiometabolic risk in adults with type 2 diabetes: a randomized controlled trial. *Scientific reports*. 2015;5:9238.
22. Afzalpour M, Gharakhanlou R, Gaeini A, Mohebbi H, Hedayati M, Khazaei M. The effects of aerobic exercises on the serum oxidized LDL and total antioxidant capacity in non-activemen. *CVD Prev Control*. 2008; Apr; 3(2):77-82. (Full Text in Persian
23. Kamal-Eldin A, Moazzami A, Washi S. Sesame seed lignans: potential physiological modulators and possible ingredients in functional foods & nutraceuticals. *Recent Pat Food, Nutr Agric* 2011; 3: 17-29.
24. Saydut A, Duz MZ, Kaya C, Kafadar AB, Hamamci C. Transesterified sesame (*Sesamum indicum* L.) seed oil as a biodiesel fuel. *Biore-sour Technol* 2008;99:6656-60.
25. Giusti-Paiva A, Domingues VG. Centrally administered ascorbic acid induces antidiuresis, natriuresis and neurohypophyseal hormone release in rats. *Neuro Endocrinol Lett*. 2010;31(1):87-91.
26. Oliveira MAMd, Fagundes RLM, Moreira EAM, Trindade EBSdM, Carvalho Td. Relation between anthropometric indicators and risk factors for cardiovascular disease. *Arquivos brasileiros de cardiologia*. 2010;94(4):478-85.
27. Zhang Q, Malik P, Pandey D, Gupta S, Jagnandan D, De Chante-mele EB, et al. Paradoxical activation of endothelial nitric oxide synthase by NADPH oxidase. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*. 2008;28(9):1627-33.
28. Wu, H. J., Chen, K. T., Shee, B. W., Chang, H. C., Huang, Y. J., Yang, R. S. Effects of 24 h ultra-marathon on biochemical and hematological parameters. *World J Gastroenterol*. 2004;10: 2711-14.
29. Cooper CE, Vollaard NBJ, Choueiri T. Exercise, free radicals and oxidative stress. *Biochem Soc Trans*. 2002;30 (2): 280-5 .
30. Swift D, Johannsen N, Earnest C, Blair S, Church T. Effect of Different Doses of Aerobic Exercise Training on Total Bilirubin Levels. *Medicine and science in sports and exercise*. 2011;44:569-74.
31. Hazar S, Korkmaz S, Bayil S, Gurkan AC. The effect of graded maximal aerobic exercise on some metabolic hormones, muscle damage and some metabolic end products in sportsmen. *Sci Res Essays*. 2011;6(6):1337-43.
32. Ives SJ, Bloom S, Matias A, Morrow N, Martins N, Roh Y, et al. Effects of a combined protein and antioxidant supplement on recovery of muscle function and soreness following eccentric exercise. *J Int Soc Sports Nutr*. 2017;14:21.
33. Bunpo P, Anthony TG. Ascorbic acid supplementation does not alter oxidative stress markers in healthy volunteers engaged in a supervised exercise program. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2016;41(2):175-80.
34. Higashida K, Kim SH, Higuchi M, Holloszy JO, Han DH. Normal adaptations to exercise despite protection against oxidative stress. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2011;301(5):E779-84.
35. Vassalle C, Pingitore A, De Giuseppe R, Vigna L, Bamonti F. Biomarkers to estimate bioefficacy of dietary/supplemental antioxidants in sports. In: Lamprecht M, editor. *Antioxidants in sport nutrition*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group; 2015. p. 255-72.