University of Birjand

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport Research Paper

Summer 2022, 10(22), 54-64

Received: Nov 1, 2020 Revised: Jan 23, 2021 Accepted: Jan 24, 2021

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

Serum changes of glutathione peroxidase and superoxide dismutase in inactive females consumed coenzyme Q10 following of moderate and severe acute resistance training

Yeganeh Feizi[1], Seyed Hossein Abtahi Ayvri[2*], Mostafa Rezvani[3]

1. MSc in Sports Sciences, Faculty of Sports Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran.
2. Associate Professor, Department of Laboratory Sciences, Faculty of Allied Medicine, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran.
3. PhD Student in Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences, Bojnourd University, Bojnourd, Iran.

Abstract

Background and Aim: Moderate to severe exercise trainings may damage most of the body's tissues, but the use of antioxidant supplements can modulate the exercise-induces oxidative stress. The purpose of the present study was to investigate serum changes of glutathione peroxidase (GPX) and superoxide dismutase (SOD) in sedentary females consumed coenzyme Q10 following a moderate or severe acute resistance training. **Materials and Methods**: The present research was a semi-experimental study. Twenty seven female students were randomly divided into three groups including two resistance training groups and one control group. Two intervention groups performed one session of resistance training with moderate intensity (70% 1RM) and severe intensity (85% 1RM) at the beginning and end of two weeks of the research protocol. During these two weeks, they orally consumed 30 g/day coenzyme Q10 supplement. Blood sample was taken immediately after the acute training and supplementation. GPX and SOD activity were measured by enzymatic colorimetric method. The results were extracted using repeated measure ANOVA and LSD tests at the $p<0.05$ significant level. **Results**: Moderate and severe acute resistance training did not cause a significant changes in serum enzyme GPX ($p=0.06$, $p=0.19$ respectively) and SOD ($p=0.42$ and $p=0.61$ respectively) activity, but after two weeks of coenzyme Q10 supplementation it was associated with increases in the activity of SOD ($p=0.01$, $p=0.006$) and GPX ($p=0.01$). Comparing the effect of the two types of training, intensive resistance training resulted in a further decrease in GPX index ($p=0.002$). **Conclusion**: The use of short-term coenzyme Q10 supplementation improves antioxidant status of sedentary individuals and can alleviate the anxiety of practitioners to avoid the damaging effects of oxidative stress after intense acute resistance training (above 85% 1RM) and can be included with other supplements as a nutritional strategy.

Keywords: Acute resistance training, Superoxide dismutase, Glutathione peroxidase, Antioxidant status.

Cite this article:
Feizi, Y., Abtahi Ayvri, S.H., & Rezvani, M. (2022). Serum changes of glutathione peroxidase and superoxide dismutase in inactive females consumed coenzyme Q10 following of moderate and severe acute resistance training. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 10***(21), 54-64.**

*** Corresponding Author, Address: Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran;**
Email: abtahi.h@gmu.ac.ir

https://doi.org/10.22077/jpsbs.2021.3858.1601

Copyright: © 2022 by the authors. Licensee **Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport (JPSBS)**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نشریه مطالعات کاربردی علوم‌زیستی در ورزش
مقاله پژوهشی
تابستان ۱۴۰۱، دوره ۱۰، شماره ۲۲، ص ۶۴-۵۴
تاریخ دریافت: ۹۹/۰۸/۱۱ تاریخ ویرایش: ۹۹/۱۱/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۰۵

تغییرات سرمی آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در دختران غیرفعال مصرف‌کننده کوآنزیم Q10 پس از تمرینات حاد مقاومتی متوسط و شدید

یگانه فیضی[۱]، سید حسین ابطحی ایوری[۲*]، مصطفی رضوانی[۳]

۱. کارشناس ارشد علوم ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۲. دانشیار گروه علوم آزمایشگاهی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران.
۳. دانشجوی دکترای فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: تمرینات ورزشی متوسط تا شدید باعث آسیب بافت‌های بدن می‌گردد، اما استفاده از مکمل‌های آنتی اکسیدانی می‌تواند استرس اکسیداتیو ناشی از تمرین ورزشی را تعدیل نماید. هدف تحقیق حاضر بررسی تغییرات سرمی آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) و سوپراکسید دیسموتاز (SOD) دختران غیرفعال مصرف کننده کوآنزیم Q10 پس از تمرینات حاد مقاومتی متوسط و شدید بود. **روش‌تحقیق**: نوع تحقیق نیمه تجربی می‌باشد. تعداد ۲۷ دانشجوی دختر به طور تصادفی در سه گروه (دو گروه تمرین مقاومتی و یک گروه کنترل) قرار گرفتند. گروه‌های تجربی یک جلسه فعالیت حاد مقاومتی با شدت متوسط (۷۰ درصد 1RM) و فعالیت حاد مقاومتی شدید (۸۵ درصد 1RM) را در ابتدا و انتهای دو هفته پروتکل تحقیق به اجرا درآوردند و در طول این مدت، مکمل کوآنزیم Q10 (۳۰ میلی گرم/روز) دریافت نمودند. خونگیری بلافاصله پس از فعالیت حاد و مکمل گیری صورت گرفت. شاخص‌های GPX و SOD با روش رنگ سنجی آنزیمی مورد سنجش قرار گرفتند. نتایج با استفاده از آزمون‌های تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر و LSD در سطح p<۰/۰۵ استخراج گردید. **یافته‌ها**: فعالیت حاد مقاومتی متوسط و شدید تغییر معنی داری در فعالیت آنزیم GPX (به ترتیب با p=۰/۰۶ و p=۰/۱۹) و SOD (به ترتیب با p=۰/۴۲ و p=۰/۶۱) سرم ایجاد نکرد، اما اجرای آن ها پس از دو هفته مکمل یاری کوآنزیم Q10، با افزایش معنی دار فعالیت آنزیم‌های SOD (به ترتیب با p=۰/۰۱ و p=۰/۰۰۶) و GPX (p=۰/۰۱) همراه بود. در مقایسه تاثیر دو نوع تمرین، تمرین مقاومتی شدید کاهش بیشتر شاخص GPX (p=۰/۰۰۲) را در پی داشت. **نتیجه‌گیری**: مصرف کوتاه مدت مکمل کوآنزیم Q10 موجب بهبود وضعیت آنتی اکسیدانی افراد غیرفعال شده و می تواند نگرانی افراد تمرین کننده را برای محفوظ ماندن از اثرات مخرب استرس اکسیداتیو پس از تمرینات مقاومتی حاد شدید (بالای ۸۵ درصد 1RM) رفع نماید و به عنوان یک راهبرد تغذیه ای، در کنار سایر مکمل ها گنجانده شود.

واژه های کلیدی: فعالیت مقاومتی حاد، سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز، وضعیت آنتی اکسیدانی بدن.

*نویسنده مسئول، آدرس: گناباد، دانشگاه علوم پزشکی گناباد؛
پست الکترونیک: abtahi.h@gmu.ac.ir
https://doi.org/10.22077/jpsbs.2021.3858.1601

مقدمه

فرآیندهای متابولیکی به طور پیوسته در سلول‌های موجود زنده در جریان است و منجر به تولید رادیکال‌های آزاد می‌شوند. گونه های فعال اکسیژن[1] (ROS) قادر به ایجاد استرس اکسیداتیو می‌باشند و تولید بی رویه آن ها، باعث تولید پراکسیدها می شود و به اجزای سلولی از جمله پروتئین ها، لیپیدها و DNA آسیب می رساند. برای دفع آسیب ناشی از ROS، موجودات هوازی به سازوکارهای دفاع آنتی اکسیدانی مجهز شده اند (نیکی[2]، ۲۰۱۸). از سیستم‌های دفاع آنتی اکسیدانی می‌توان به سیستم دفاع آنزیمی اشاره نمود که شامل کاتالاز[3] (CAT)، گلوتاتیون پراکسیداز[4] (GPX) و سوپراکسید دیسموتاز[5] (SOD) می‌باشد (سیندهی[6] و دیگران، ۲۰۱۳). SOD آنزیمی آنتی اکسیدانی می‌باشد که دارای سه ایزوآنزیم در سیتوزول و میتوکندری سلول‌های پستانداران است. این آنزیم دارای فعالیت میتوکندریایی بالایی می‌باشد، به نحوی که قسمت اعظم سوپر اکسید میتوکندری را این آنزیم احیا می‌کند. آنزیم GPX عضوی از خانواده آنزیم‌های آنتی اکسیدانی سلنوپروتئینی است که به ترتیب، H_2O_2 و آلکیل هیدروپراکسیدها[7] را در حضور گلوتاتیون احیا شده، به عنوان دهنده الکترون، به آب و الکل کاتالیز می کند. آنزیم GPX در میتوکندری و سیتوزول قرار دارد، از این رو H_2O_2 و هیدروپراکسیدها را از منابع گوناگونی برداشت می‌کند. در سلول‌های عضلانی، تقریبا ۴۵٪ فعالیت GPX در سیتوزول و ۵۵٪ باقی مانده در میتوکندری صورت می گیرد. بنابراین، سیستم دفاع طبیعی آنتی اکسیدانی هومئوستاز[8] بدن را حفظ کرده و فشار اکسیداسیونی ناشی از افزایش رادیکال‌های آزاد را تعدیل می‌کند (پاورس[9] و دیگران، ۱۹۹۳؛ سیندهی و دیگران، ۲۰۱۳).

در جریان تمرینات ورزشی بی هوازی (به عنوان مثال تمرینات مقاومتی و اکسنتریک[10])، ROS رها شده افزایش می یابد؛ روندی که می تواند بر اثر ایسکمی- رپرفیوژن[11]، تولید بالای گزانتین اکسیداز، سوخت و ساز پروستانوئید، فعالیت تنفسی فاگوسیت ها، اختلال در پروتئین های حاوی آهن، و تغییر در هموستاز کلسیم و فرآیندهای اکسیداتیو ایجاد گردد (افضل‌پور و دیگران، ۲۰۱۱). کوک[12] و دیگران (۲۰۰۸) نشان داده اند که تمرینات ایزوکنتیک پیش رونده به طور معنی داری میزان SOD را کاهش می‌دهند. دمنیک[13] و دیگران (۲۰۱۰) به بررسی نشانگرهای زیستی استرس اکسیداتیو خون به دنبال یک جلسه تمرین حاد مقاومتی در انسان پرداختند. نتایج نشان داد که یک جلسه تمرین مقاومتی موجب افزایش معنی دار GPX می شود. یکی از راهکارهای مناسب برای محافظت در برابر اثرات نامطلوب فشار اکسیداسیونی ناشی از فعالیت‌های ورزشی شدید، به کار گیری تدابیر تغذیه ای و استفاده از مکمل های آنتی اکسیدانی است. بنابراین استفاده از آنتی‌اکسیدان های ارزان و ایمن، در اولویت قرار دارد (طاعتی و دیگران، ۲۰۱۱). کوآنزیم Q10 یکی از مکمل هایی است که تأثیرات بیوانرژتیک دارد و می‌تواند تعدادی از آسیب‌هایی که به وسیله ROS ایجاد می شود را خنثی کند (پاین[14]، ۱۹۹۴). اکبری و دیگران (۲۰۲۰) ضمن بررسی تاثیر مکمل کوآنزیم Q10 بر پارامترهای استرس اکسیداتیو، نشان دادند که فعالیت SOD و آنزیم GPX به دنبال استفاده از این مکمل، به ترتیب افزایش و عدم تغییر معنی دار پیدا می‌کند. تاثیر تمرین مقاومتی بر تولید ROS و دفاع‌های آنتی اکسیدانی آندروژنیک[15]، هنوز به درستی مشخص نشده است. تمرینات مقاومتی شدید باعث افزایش استرس اکسیداتیو و کاهش ظرفیت سیستم های آنتی اکسیدانی می شوند (قاسمی و دیگران، ۲۰۱۲)، لذا احتمال دارد که کوآنزیم Q10 با خاصیت آنتی اکسیدانی قوی ای که دارد، بتواند این استرس اکسیداتیو را مهار کرده و سیستم‌های آنتی اکسیدانی را تقویت نماید. ابراهیمی و دیگران (۲۰۱۸) ضمن بررسی اثر تمرین ترکیبی همراه با مکمل کوآنزیم Q10 بر فعالیت آنزیم‌های GPX و SOD، افزایش این آنزیم‌ها را مشاهده کرده اند. در حال حاضر، بسیاری از افراد برای افزایش قدرت و حجم عضلانی درگیر برنامه های تمرین مقاومتی هستند. اثر تمرین مقاومتی بر تولید رادیکال های آزاد و دفاع های ضد اکسایشی آندروژنیک هنوز به درستی مشخص نشده است. برخی از مطالعات نشان داده اند که ورزش مداوم هوازی موجب یک "اثر تمرینی" احتمالی، شامل افزایش فعالیت ضد اکسایشی آنزیمی شده، که باعث محافظت در برابر پراکسیداسیون چربی و آسیب عضلانی متعاقب آن می شود. با این حال، این سازگاری پس از تمرین هوازی را نمی توان به ورزش مقاومتی، که بیشتر نیاز متابولیک آن بی هوازی است، تعمیم داد.

در مجموع، با توجه به این که تمرینات مقاومتی شدید باعث افزایش فشار اکسایشی و کاهش دفاع سیستم های ضد اکسایشی می شوند (ثاقب جو و دیگران، ۲۰۱۲)،

1. Reactive oxygen species
2. Niki
3. Catalase
4. Glutathione peroxidase
5. Superoxide dismutase
6. Sindhi
7. Alkyl hydroperoxides
8. Homeostasis
9. Powers
10. Resistance and eccentric
11. Ischemia-reperfusion
12. Cook
13. Deminice
14. Pyne
15. Endogenous

احتمال دارد کوآنزیم Q10 با خاصیت ضد اکسایشی قوی که دارد بتواند این فشار اکسایشی را مهار کرده و سیستم‌های ضد اکسایشی را تقویت نماید. با توجه به این که مطالعات محدودی در زمینه تاثیر مصرف کوآنزیم Q10 بر شاخص‌های آنتی اکسیدانی بعد از انجام فعالیت‌های ورزشی، به ویژه تمرینات مقاومتی حاد متوسط و شدید انجام شده است و نتایج اندک مطالعات انجام شده نیز کاملا با هم همخوانی ندارد؛ مطالعه حاضر با هدف بررسی تاثیر فعالیت حاد مقاومتی شدید و متوسط همراه با مصرف مکمل کوآنزیم Q10 بر فعالیت آنزیم‌های GPX و SOD سرم در دختران غیر فعال انجام گردید.

روش تحقیق

نمونه آماری: تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی بود. جامعه آماری این تحقیق را ۱۰۰ نفر از دانشجویان دختر غیرفعال (افراد با سابقه فعالیت بدنی یک جلسه و کمتر در هفته) ساکن خوابگاه های دانشگاه بیرجند تشکیل دادند. برای اجرای این تحقیق ابتدا با انجام فراخوان، دانشجویان علاقمند به شرکت در تحقیق با تکمیل پرسشنامه فعالیت بدنی عادتی بک[1] به ترتیب با روایی و ضریب اعتبار ۰/۶۵ و ۰/۹۰ (قاسمی و دیگران، ۲۰۱۲) و پرسشنامه رژیم غذایی به ترتیب با روایی ۶۰٪ و ضریب اعتبار ۶۰٪ (حسینی اصفهانی و دیگران، ۲۰۰۹)، اطلاعات مورد نیاز در رابطه با عدم فعالیت بدنی منظم در طول شش ماه قبل از مطالعه، داشتن هر نوع بیماری، از قبیل بیماری قلبی- عروقی، فشار خون و دیابت و همچنین سابقه مصرف مواد مخدر و مکمل را ثبت نمودند. پس از تحلیل اطلاعات پرسشنامه‌ها و انجام بررسی‌های اولیه و مشخص شدن افرادی که ملاک های حضور در مطالعه را دارند (غیر فعال بودن از نظر بدنی، عدم مصرف مکمل یا داروی خاص، سالم بودن از نظر جسمی، قرار نداشتن در سیکل قاعدگی)، تعداد ۲۷ نفر واجد شرایط وارد مطالعه شدند. سپس این افراد (به عنوان نمونه آماری ثبت نام شده) به طور تصادفی ساده (روش قرعه کشی با جایگزینی) به سه گروه نه نفره شامل گروه‌های تجربی یک (فعالیت حاد مقاومتی متوسط به همراه مصرف مکمل کوآنزیم Q10)، گروه تجربی دو (فعالیت حاد مقاومتی شدید به همراه مصرف مکمل کوآنزیم Q10) و گروه کنترل (بدون تمرین و مکمل) تقسیم شدند. محدوده سنی آزمودنی ها ۲۵-۱۸ سال بود. آزمودنی‌ها از اجرای هر نوع فعالیت شدید و مصرف فرآورده‌های تغذیه‌ای مکمل و مواد غذایی دارای خواص آنتی اکسیدانی، ۷۲ ساعت قبل از انجام آزمون بر اساس دستورالعمل شفاهی و کتبی منع شدند.

اندازه گیری پایه: اطلاعات مربوط به قد، وزن و شاخص توده بدنی یک هفته قبل از اجرای آزمون، اندازه گیری شد. پس از اندازه گیری پایه (اولیه)، آزمودنی‌ها طی یک جلسه حضور در محل تمرین، با پروتکل تمرینی و اجرای صحیح حرکات آشنا شدند و یک تکرار بیشینه[2] (آزمودنی‌ها یک وزنه زیر بیشینه را تا سرحد خستگی به گونه‌ای که تکرار حرکت کمتر از ۱۰ باشد) آن ها در حرکات مورد نظر اندازه گیری شد و برای تعیین 1RM از طریق روش برزیسکی[3] (۱۹۹۳) مورد استفاده قرار گرفت.

پروتکل تمرین: فعالیت حاد مقاومتی متوسط با شدت ۷۰ درصد 1RM و فعالیت حاد مقاومتی شدید با شدت ۸۵ درصد 1RM به صورت دایره ای مشتمل بر نه ایستگاه شامل پرس پا، قایقی نشسته، پرس سینه، پرس بالای سر، قایقی نشسته، باز کردن زانو، خم کردن بازو، باز کردن بازو و بلند کردن پاشنه؛ در نوبت صبح به اجرا درآمد. هر حرکت شامل سه نوبت و هر نوبت شامل هشت تکرار بود. زمان فعالیت هر ایستگاه ۳۰ ثانیه و بین هر ایستگاه ۱۲۰ ثانیه استراحت در نظر گرفته شد، این حرکات بعد از ۲۰-۱۵ دقیقه گرم کردن انجام شد (ثاقب جو و دیگران، ۲۰۱۰).

نحوه مصرف مکمل: کپسول‌های مکمل کوآنزیم Q10 (۳۰ میلی گرمی) شرکت Golden Life از داروخانه‌های داخل کشور تهیه شد. آزمودنی‌ها روزی یک نوبت (ظهر) بعد از ناهار، مکمل کوانزیم Q10 را مصرف نمودند. مدت زمان پروتکل تحقیق دو هفته بود. ابتدا یک جلسه فعالیت حاد مقاومتی متوسط و شدید انجام شد. سپس دو هفته (۱۴ روز) مکمل کوآنزیم Q10 توسط آزمودنی‌ها مصرف شد و بعد یک جلسه فعالیت حاد مقاومتی متوسط و شدید تکرار گردید.

نمونه گیری و روش‌های سنجش متغیرهای خونی: اولین نمونه خون (۵ میلی لیتر) در اولین ساعات صبح آزمون در حالت ناشتا (۱۲ ساعت)، دومین نمونه خونی بلافاصله بعد از اولین جلسه فعالیت مقاومتی حاد شدید و متوسط، سومین نمونه خونی ۱۴ روز پس از مصرف مکمل، و چهارمین نمونه خونی بلافاصله بعد از آخرین جلسه فعالیت مقاومتی حاد شدید و متوسط؛ از ورید بازویی آزمودنی‌ها اخذ گردید. پس از انتقال به آزمایشگاه، سرم نمونه‌ها در همان روز با سانتریفیوژ (۳۰۰۰ دور بر دقیقه، به مدت ۵ دقیقه) جدا شد و برای حفظ سطوح سرمی شاخص‌های GPX و SOD در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. در روز آزمایش، فعالیت آنزیمی شاخص‌های GPX و

1. Baecke questionare of habitual physical activity
2. One repetition maximum
3. Brzycki

SOD با روش رنگ‌سنجی توسط کیت‌های ساخت شرکت randox (کشور بریتانیا) و با استفاده از دستگاه microplate reader BioTek (کشور آمریکا) اندازه‌گیری شد. کیت GPX از میزان حساسیت ۱۸/۷۵ (نانومول/ دقیقه/ میلی) و ضریب تغییرات درونی ۳/۲ درصد؛ و کیت SOD از میزان حساسیت ۲/۳۵ (نانومول/ دقیقه/ میلی) ضریب تغییرات درونی ۴/۶ درصد برخوردار بودند.

روش‌های آماری: برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا از آزمون شاپیرو- ویلک[1] برای تعیین طبیعی بودن توزیع داده ها استفاده شد. سپس از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های گیری مکرر، آزمون تحلیل واریانس یک طرفه و آزمون تعقیبی حداقل اختلاف معنی دار (LSD) برای استخراج نتایج استفاده شد. محاسبات آماری با نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ در سطح معنی داری p<۰/۰۵ صورت گرفت.

یافته‌ها

نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه نشان داد که آزمودنی های سه گروه در ابتدای تحقیق؛ اختلاف معنی داری از نظر ویژگی های دموگرافیک ندارند (جدول ۱).

جدول ۱. ویژگی های دموگرافیک به تفکیک گروه های تحقیق و مقایسه سطح پایه

شاخص‌ها	گروه ها	میانگین	انحراف معیار	F	سطح معنی داری (p)
سن (سال)	تمرین حاد مقاومتی متوسط	۲۱	۱/۷۶	۰/۱۲	۰/۸۸
	تمرین حاد مقاومتی شدید	۲۱/۹۰	۱/۵۲		
	کنترل	۲۱	۱/۸۲		
وزن (کیلوگرم)	تمرین حاد مقاومتی متوسط	۵۶/۲۲	۶/۶۱	۰/۴۶	۰/۹۵
	تمرین حاد مقاومتی شدید	۵۷/۲۲	۷/۲۵		
	کنترل	۵۶/۴۴	۸/۰۳		
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/متر مربع)	تمرین حاد مقاومتی متوسط	۲۱/۶۱	۲/۱۴	۰/۶۱	۰/۵۰
	تمرین حاد مقاومتی شدید	۲۱/۷۷	۲/۹۰		
	کنترل	۲۰/۶۶	۲/۵۰		

در جدول ۲، اطلاعات مربوط به میانگین و انحراف استاندارد دو متغیر وابسته تحقیق گزارش گردیده است. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری های مکرر نشان داد که اثر زمان در مورد شاخص SOD (p=۰/۰۰۱، F=۵/۸۰)؛ و اثر زمان (p=۰/۰۲، F=۳/۸۳۱) و اثر گروه (p=۰/۰۰۰۱، F=۳/۹۱) در مورد شاخص GPX؛ از نظر آماری معنی دار هستند. به همین دلیل از آزمون تعقیبی LSD استفاده شد.

نتایج جدول ۳ دال بر آن است که پس از تمرین مقاومتی حاد شدید و متوسط، در فعالیت دو آنزیم SOD و GPX تغییر معنی داری ایجاد نگردیده و دو هفته مکمل گیری Q10، تنها موجب افزایش معنی دار فعالیت SOD در هر دو گروه تمرینی شده است؛ این در حالی بود که فعالیت GPX فقط در گروه تمرین مقاومتی متوسط بدنبال مکمل گیری Q10 بالا رفت. به علاوه، وقتی شرکت کنندگان دوباره پروتکل تمرین مقاومتی (شدید و متوسط) را اجرا کردند، فعالیت آنزیم SOD به طور معنی دار بالاتر از مرحله دوم (بلافاصله بعد از تمرین مقاومتی نوبت اول) بود که خود تاثیر مکمل را نشان می دهد. از طرف دیگر، پس از اجرای مجدد پروتکل های تمرین مقاومتی حاد، در فعالیت GPX تغییر معنی داری ایجاد نگردید (جدول ۳).

با توجه به اعمال دو پروتکل تمرین مقاومتی متفاوت (شدید و متوسط) و به منظور بررسی تفاوت اثر احتمالی این دو نوع تمرین، آزمون تحلیل واریانس یک طرفه برای مقایسه سه گروه شرکت کننده در هر یک از نقاط زمانی اندازه گیری اجرا گردید. نتایج نشان داد که شاخص های SOD و GPX (به ترتیب با p<۰/۰۶ و p<۰/۱۶) در گروه های شرکت کننده، قبل از تمرین مقاومتی اختلاف معنی داری ندارند؛ اما بعد از تمرین مقاومتی و بعد از مصرف مکمل Q10 برای GPX (به ترتیب با p<۰/۰۲ و p<۰/۰۰۸) و فقط بعد از تمرین مقاومتی برای SOD (p<۰/۰۳)، بین گروه ها تفاوت معنی داری مشاهده شد. به منظور مقایسه زوجی گروه ها، آزمون تعقیبی LSD به اجرا در آمد که نتایج آن در جدول ۴ خلاصه شده است.

نتایج جدول ۴ دال بر آن است که انجام تمرین مقاومتی متوسط نسبت به تمرین مقاومتی شدید و بدون تمرین، با کاهش بیشتر فعالیت GPX (به ترتیب با p<۰/۰۱ و p<۰/۰۲) و SOD (به ترتیب با p<۰/۰۱ و p<۰/۰۳) همراه بود؛ اما مکمل‌گیری Q10 موجب افزایش معنی‌دار فعالیت GPX (p<۰/۰۰۲) در گروه تمرین مقاومتی شدید نسبت به گروه کنترل شد. به علاوه، با مقایسه گروه ها در مرحله آخر مداخله (یعنی انجام تمرین مقاومتی بعد از دوره مکمل گیری)، مشخص گردید که فقط اجرای تمرین مقاومتی

1. Shapiro-Wilk

جدول ۲. توصیف فعالیت آنزیم SOD و GPX در گروه های مختلف شرکت کننده در تحقیق

متغیرها	مراحل اندازه گیری گروه ها	تمرین حاد مقاومتی متوسط	تمرین حاد مقاومتی شدید	کنترل
SOD (میکرو مول/لیتر)	قبل از تمرین مقاومتی	۰/۱۸ ±۰/۱۷	۰/۱۲ ± ۰/۰۲	۰/۲۰ ±۰/۱۶
	بعد از تمرین مقاومتی	۰/۱۷ ± ۰/۱۷	۰/۱۱ ± ۰/۰۳	۰/۲۰ ±۰/۱۶
	بعد از مکمل	۰/۴۸ ± ۰/۴۲	۰/۲۰ ± ۰/۰۴	۰/۲۱ ±۰/۲۶
	بعد از تمرین مقاومتی و مکمل	۰/۴۶ ± ۰/۳۸	۰/۱۶ ± ۰/۰۲	۰/۲۱ ±۰/۲۶
GPX (میکرو مول/لیتر)	قبل از تمرین مقاومتی	۲۰۷/۳۸ ±۴۶/۶۴	۲۵۲/۹۴ ±۵۳/۷۳	۲۲۳/۴۹ ± ۴۸/۴۴
	بعد از تمرین مقاومتی	۱۸۵/۸۸± ۲۷/۸۳	۲۳۵/۸۶ ± ۳۳/۸۶	۲۲۷/۲۷ ± ۴۹/۶۸
	بعد از مکمل	۲۳۸/۷۵ ± ۳۸/۳۰	۲۷۰/۰۹ ± ۴۰/۵۰	۲۱۳/۶۴ ± ۲۶/۶۳
	بعد از تمرین مقاومتی و مکمل	۲۱۶/۱۲± ۴۸/۷۱	۲۶۰/۵۱ ± ۴۷/۳۸	۲۱۸/۷۱ ± ۲۷/۸۸

جدول ۳. نتایج حاصل از آزمون تعقیبی LSD جهت مقایسه زوجی فعالیت SOD و GPX در مراحل مختلف اندازه گیری

متغیرها	گروه‌ها	مراحل اندازه گیری	تفاوت میانگین ها	خطای معیار	سطح معنی داری (p)
SOD (میکرو مول/لیتر)	قبل از تمرین مقاومتی شدید (سطح پایه)	بعد از تمرین مقاومتی شدید	۰/۰۰۷	۰/۰۱	۰/۶۱
		بعد از مکمل گیری	۰/۰۷*	۰/۰۲	۰/۰۰۶
		بعد از تمرین مقاومتی شدید و مکمل گیری	۰/۰۴*	۰/۰۱	۰/۰۰۷
	قبل از تمرین مقاومتی متوسط (سطح پایه)	بعد از تمرین مقاومتی متوسط	-۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۴۲
		بعد از مکمل گیری	۰/۲۹*	۰/۰۹	۰/۰۱
		بعد از تمرین مقاومتی متوسط و مکمل گیری	۰/۲۷*	۰/۰۷	۰/۰۰۶
GPX (میکرو مول/لیتر)	قبل از تمرین مقاومتی شدید (سطح پایه)	بعد از تمرین مقاومتی شدید	-۱۷/۰۷	۱۱/۹۴	۰/۱۹
		بعد از مکمل گیری	۱۷/۱۵	۱۱/۰۴	۰/۱۵
		بعد از تمرین مقاومتی شدید و مکمل	۷/۵۷	۱۹/۵۵	۰/۷۰
	قبل از تمرین مقاومتی متوسط (سطح پایه)	بعد از تمرین مقاومتی متوسط	-۲۱/۴۹	۹/۹۴	۰/۰۶
		بعد از مکمل گیری	۳۱/۳۷*	۱۰/۷۲	۰/۰۱
		بعد از تمرین مقاومتی متوسط و مکمل	۸/۷۴	۱۲/۳۰	۰/۴۹

*نشانه تفاوت معنی دار بین مراحل مختلف اندازه گیری در سطح p<۰/۰۵.

جدول ۴. نتایج آزمون LSD برای بررسی تفاوت بین گروهی شاخص های SOD و GPX

متغیرها	مراحل مداخله	گروه ها		تفاوت میانگین	سطح معنی داری (p)
GPX (میکرو مول/لیتر)	بعد از تمرین مقاومتی	تمرین مقاومتی متوسط	تمرین مقاومتی شدید	-۴۹/۹۷*	۰/۰۱
			کنترل	-۴۱/۳۸*	۰/۰۲
		تمرین مقاومتی شدید	کنترل	۸/۵۹	۰/۶۲
	بعد از مکمل گیری	تمرین مقاومتی متوسط	تمرین مقاومتی شدید	-۳۱/۳۳	۰/۰۶
			کنترل	۲۵/۱۱	۰/۱۳
		تمرین مقاومتی شدید	کنترل	۵۶/۴۵*	۰/۰۰۲
SOD (میکرو مول/لیتر)	بعد از تمرین مقاومتی	تمرین مقاومتی متوسط	تمرین مقاومتی شدید	-۰/۳۱۴*	۰/۰۱
			کنترل	-۰/۲۷۶*	۰/۰۳
		تمرین مقاومتی شدید	کنترل	۰/۰۳۷	۰/۷۶

*نشانه تفاوت معنی دار بین مراحل گروه ها در سطح p<۰/۰۵.

شدید بعد از دوره مکمل گیری، با افزایش معنی‌دار بیشتری (p<۰/۰۰۲) در فعالیت GPX (نسبت به گروه کنترل) همراه بوده است.

بحث

بر اساس نتایج حاصله، بلافاصله پس از اجرای دو پروتکل تمرین مقاومتی حاد شدید و متوسط، تغییر معنی داری در فعالیت دو آنزیم SOD و GPX ایجاد نشد؛ اما دو هفته بارگیری مکمل Q10 فعالیت این دو آنزیم را تغییر داد؛ به گونه ای که وقتی (پس از دو هفته) تمرینات مقاومتی دوباره اجرا شدند؛ پس از تمرین مقاومتی حاد شدید و مصرف مکمل Q10، فعالیت آنزیم GPX به طور معنی دار افزایش یافت. بیشتر نتایج بدست آمده حاکی از تاثیر مفید و قابل توجه کوآنزیم Q10 بر کاهش آسیب‌های تمرینات حاد مقاومتی و افزایش مطلوب سازوکار آنتی اکسیدانی می‌باشد. میلر[1] و دیگران (۲۰۱۰) ضمن بررسی موش های دیابتی به این نتایج دست یافتند که چهار هفته مکمل سازی کوآنزیم Q10 به مقدار ۱۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن، باعث افزایش آنزیم های GPX و SOD می‌شود. الماسی و دیگران (۲۰۱۶) با بررسی اثرات محافظتی کوآنزیم Q10 و ویتامین C در پراکسیداسیون و اکسیداسیون ناشی از سیستئامین[2] در موش صحرایی، نشان داده اند که کوآنزیم Q10 موجب افزایش معنی دار فعالیت آنزیم های GPX و SOD می گردد. اثرات آنتی‌اکسیدانی کوآنزیم Q10 در غیرفعال کردن رادیکال‌های آزاد تائید شده است، ولی این اثرات اغلب وابسته به مقدار و مدت هستند، و شرایط محیطی نیز بر آن تاثیر گذار است (کرین[3] و دیگران، ۱۹۸۹). کوآنزیم Q10 از نقش‌های زیادی برخوردار است که شامل انتقال الکترون‌ها در زنجیره تنفسی میتوکندری و تولید ATP و حمایت از بازسازی آنتی اکسیدان های دیگر می‌باشد (کان[4] و دیگران، ۲۰۰۷). در توجیه علت عدم تاثیر تمرین حاد مقاومتی شدید بر آنزیم های بررسی شده، می توان شدت تمرین (۸۵ درصد 1RM) را مهم دانست که بنظر می رسد فشار لازم را بر سیستم های متابولیکی وارد نکرده است. شاید تمرینات شدیدتر بالای ۸۵ درصد 1RM (به طور مثال ۹۰ تا ۱۰۰ درصد) بتواند چنین نتیجه ای را در بر داشته باشد؛ همچنان که افضل پور و دیگران (۲۰۱۵) با اعمال شدت تمرین مقاومتی معادل ۹۰ درصد 1RM، کاهش فعالیت این دو آنزیم را گزارش کرده اند. موضوع دیگر کم بودن تعداد آزمودنی ها در مطالعه حاضر است که بدلیل محدودیت های روش شناختی پیش روی محققین بوده است. با تعداد نمونه های بیشتر، شاید بتوان تغییرات بارزتری بدست آورد. نوع پروتکل تمرینی، نوع مکمل استفاده شده و دوز یا طول دوره مصرف آن هم بر نتایج تاثیرگذار است. انتظار بر این بود که در مطالعه

1. Miller
2. Cysteamine
3. Crane
4. Kon

حاضر حداقل در گروه مقاومتی شدید، حالت استرس اکسیداتیو شدیدی بروز کند و فعالیت آنزیم‌ها کاهش یابد؛ اما یافته ها نشان داد که سطح آنزیم ها نسبت به حالت پایه و بعد از تمرین مقاومتی، تغییر معنی دار نکرده است. یافته های ما عدم تغییر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی را بلافاصله پس از یک جلسه تمرین مقاومتی نشان داد که همسو با نتایج سیلوا[1] و دیگران (۲۰۱۶) می‌باشد. آن‌ها دریافته اند که تمرین مقاومتی حاد موجب عدم تغییر معنی دار شاخص آنتی اکسیدانی SOD می گردد. در پژوهش دیگری که توسط واتسون[2] و دیگران (۲۰۰۵) روی ورزشکاران تحت تمرین با شدت متوسط انجام شده است، تفاوت معنی داری در فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی مشاهده نشده است. با این حال، افضل پور و دیگران (۲۰۱۵) ضمن بررسی تاثیر یک جلسه تمرین حاد مقاومتی بر فعالیت GPX و SOD، دریافته اند که تمرین مقاومتی شدید موجب کاهش معنی دار این دو شاخص می‌گردد. از دلایل ناهمسویی نتایج می‌توان به شدت تمرین اشاره نمود. تمرینات بدنی با شدت متوسط احتمالا رادیکال‌های آزاد با پتانسیل آسیب اکسیداسیونی را در حدی تولید نمی‌کنند که تحریک وضعیت آنتی اکسیدانی اندوژن بدن را به همراه داشته باشد. بر اساس گزارش منتشر شده، دو تمرین مقاومتی شدید و متوسط توانسته اند مالون‌دی آلدهید[3] (یک شاخص استرس اکسیداتیو) را بالا ببرند که خود دال بر ضرورت استفاده از چنین مکمل هایی (به دنبال تمرین) برای تعدیل اثر شاخص‌های استرس اکسیداتیو است. تغییر در فعالیت این آنزیم ها می تواند به سطح پایه آنزیمی و سن افراد هم بستگی داشته باشد؛ چنان که افراد فعال نسبت به افراد غیرفعال، سطح آنتی اکسیدانی پایه بالاتری دارند (والادو[4] و دیگران، ۲۰۰۷) و با بالا رفتن سن، سطح استرس اکسیداتیو بیشتر می‌شود. در مطالعه حاضر، شرکت کنندگان غیر فعال بودند و انتظار پاسخ آنزیمی وجود داشت؛ لیکن این افراد جوان بودند (سنین ۱۸ تا ۲۵ سال) و احتمالا بدلیل کافی نبودن شدت تمرین و کم بودن تعداد نمونه ها (هم چنان که در پاراگراف قبلی هم توضیح داده شد) و جوان بودن؛ تغییری در فعالیت آنزیم ها مشاهده نشد. افراد مسن بیشتر دچار استرس اکسیداتیو می شوند و سطوح آنتی اکسیدانی پایینی دارند، ضمن آن که افراد با آمادگی جسمانی پایین و یا با سطح آنتی اکسیدانی ضعیف تر، بیشتر دچار استرس اکسیداتیو می شوند. شاید به همین علت شاخص های GPX و SOD گاهی پس از تمرین، تغییر معنی داری نشان نمی دهند (عزیزبیگی و دیگران، ۲۰۱۹). مکانیزم احتمالی که از طریق آن ورزش های مقاومتی می تواند باعث تولید استرس اکسیداتیو شود، پدیده کم خونی - خون رسانی مجدد بافت است. انقباضات عضلانی شدید ممکن است باعث کاهش موقت جریان خون و در نتیجه، کم خونی شوند. در مرحله انبساط عضلانی، تزریق مجدد خون باعث عرضه فراوان اکسیژن و بالطبع، تولید رادیکال های آزاد اکسیژن می شود. استرس و فشارهای مکانیکی، فرضیه و مکانیزم بعدی توجیه کننده افزایش استرس اکسیداتیو متعاقب فعالیت های مقاومتی است. بر این اساس، ورزش های مقاومتی به ویژه انقباضات اکسنتریک باعث آسیب بافت عضلانی و متعاقب آن شروع فرآیندهای التهابی و سرانجام تولید رادیکال های آزاد اکسیژن و پراکسیداسیون لیپیدی می‌شوند (جهانی و دیگران، ۲۰۱۰). تمرینات مقاومتی که در تحقیق حاضر اجرا شده است، بیشتر از نوع کانسنتریک بود و ماهیت اکسنتریک نداشته است و بر مبنای اظهار بعضی محققین (سامجو[5] و دیگران، ۲۰۱۳)، شاید یکی از دلایل عدم تغییر معنی دار دو آنزیم GPX و SOD، همین باشد. آنزیم SOD اولین خط دفاعی در برابر تهاجم رادیکال آزاد و گونه‌های فعال اکسیژنی بوده و به نظر می رسد که تاثیرپذیری این آنزیم نیز به دلیل همین مساله باشد. به دنبال اجرای تمرینات ورزشی و نیز پدیده کم خونی- خون رسانی مجدد طی تمرینات مقاومتی، فعالیت کمپلکس IV زنجیره انتقال الکترون نسبت به کمپلکس های I-III افزایش می یابد. در مراحل I-III گونه‌های فعال اکسیژنی تولید می‌شود، اما در مرحله IV یک آنتی اکسیدان قوی به نام سیتوکروم وجود دارد که گونه‌های فعال اکسیژنی را بازیافت کرده و با انتقال الکترون‌ها به اکسیژن، آب تولید می کند و در نتیجه، باعث کاهش تولید گونه های فعال اکسیژنی و کاهش نشت الکترون می گردد (احمدی کاکوندی و دیگران، ۲۰۱۹). یکی از دلایل عدم افزایش GPX پس از فعالیت های ورزشی این است که مقادیر H_2O_2 کمتری تولید می شود یا تولید گونه های فعال دیگر بیشتر است (افضل پور و دیگران، ۲۰۱۵). احتمالا به دلیل تقدم و تأخر عملکرد آنتی اکسیدان ها در بافت های مختلف و تقدم سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی غیر آنزیمی، ابتدا این آنتی‌اکسیدان ها فعال می شوند و نیاز به افزایش میزان GPX رفع می شود (افضل پور و دیگران، ۲۰۱۵). بنابراین علت عدم افزایش GPX، احتمالاً عملکرد آنتی اکسیدانی کوآنزیم Q10 است که میزان این آنزیم را پس از مصرف دو هفته مکمل بالا برده است. با این که مطالعات در زمینه

1. Silva
2. Watson
3. Malondealdehyde
4. Valado
5. Samjoo

تمرین مقاومتی و استرس اکسیداتیو محدود است، اما اکثر مطالعات انجام شده، افزایش در پراکسیداسیون لیپیدی پس از تمرین و کاهش فعالیت آنتی اکسیدانی را گزارش نموده اند. با وجود این، به نظر می‌رسد این تغییرات موقتی بوده و طی زمان کوتاهی به وضعیت پیش از ورزش باز می‌گردد (واتسون و دیگران، ۲۰۰۵). مکانیسم تعدیل کنندگی مکمل کوآنزیم Q10 احتمالا بخاطر یوبیکینون[1] است. این ماده احیا شده و به یوبیکینول[2]، ماده ای دارای اثرات آنتی اکسیدانی قوی تری تبدیل می‌شود (پاورس و دیگران، ۲۰۰۰). مکمل دهی کوآنزیم Q10 در موقعیت‌های فشار آفرین مانند فعالیت‌های ورزشی سنگین (با افت سطوح کوآنزیم Q10)، ممکن است با افزایش سطح کوآنزیم Q10 بدن، موجبات افزایش فسفوریلاسیون اکسیداتیو، تسریع انتقال الکترون از فلاوپروتئین‌ها به سیتوکروم‌ها (یعنی تولید ATP)، تشدید دسترسی به منابع کربوهیدراتی، و افزایش سوخت و ساز اسیدهای چرب را فراهم ساخته و موجب وابستگی کمتر به مسیر گلیکولیز بی هوازی شود (واتسون و دیگران، ۲۰۰۵). در مجموع، می توان اظهار داشت که احتمالا مصرف مکمل کوآنزیم Q10 موجب کارآیی مطلوب‌تر سیستم آنتی‌اکسیدانی شده است. از جمله محدودیت‌های تحقیق حاضر می‌توان به کم بودن نسبی تعداد شرکت کنندگان، عدم بررسی سایر دوزهای مکمل کوآنزیم Q10، و عدم اعمال شدت‌های سنگین تر تمرین مقاومتی اشاره نمود.

نتیجه‌گیری: مصرف مکمل کوآنزیم Q10 (با دوز حداقل ۳۰ میلی گرم/کیلوگرم وزن بدن/روز) از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های SOD و GPX، موجب بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی افراد غیرفعال می شود؛ وضعیتی که می‌تواند نگرانی افراد تمرین کننده را برای محفوظ ماندن از اثرات مخرب استرس اکسیداتیو پس از تمرینات مقاومتی حاد شدید (۸۵ درصد و بالاتر 1RM) رفع نماید و به عنوان یک راهبرد تغذیه ای مفید، در کنار سایر مکمل ها گنجانده شود. نکته مهم در مورد آنزیم های تحت بررسی، تحت تاثیر قرار گرفتن آنزیم GPX (در مقایسه با آنزیم SOD) از تمرینات مقاومتی شدید است که می تواند دال بر تولید رادیکال‌های آزاد خاصی همچون H_2O_2 پس از این تمرینات باشد.

تعارض منافع: فرم مربوط به این قسمت تکمیل و در اختیار مجله قرار گرفته است. همچنین، این مقاله پیش از این در جای دیگری برای چاپ ثبت نشده است و نویسندگان تعارض منافعی ندارند.

قدردانی و تشکر

این طرح براساس اظهارنامه اصول اخلاقی در تحقیقات پزشکی با کد IR.BUMS.REC.1397.183 اخذ شده از دانشگاه علوم پزشکی بیرجند انجام شده است. از آزمایشگاه دانشکده علوم دانشگاه بیرجند و آزمایشگاه دانشگاه علوم پزشکی گناباد به دلیل همکاری در انجام آزمایش‌های خون تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Afzalpour, M.E, Abtahi Eivari, S.H., Rezazadeh, A., Soluki, A. (2015). Effect of Ziziphus jujuba supplementation before one session of acute resistance exercise on the serum glutathione peroxidase and superoxide dismutase activity. *The Horizon of Medical Sciences, 21***(2), 97-104. [In Persian]**

Afzalpour, M.E., Saghebjoo, M., Zarban, A., & Jani, M. (2011). Comparison of the effect of one session of acute resistance and aerobic activity on the antioxidant defense system and lipid peroxidation in healthy young men. *Journal of Biomotor and Sport Sciences, 3***(6), 30-39. [In Persian]**

Ahmadi Kakavandi, M., Azizbeigi, K., & Qaisari, S.F. (2019). The effect of increasing resistance training on malondialdehyde concentration and superoxide dismutase activity in inactive elderly women. *Journal of Payavard Salamat, 13***(2), 151-159 [In Persian]**

Almasi, S., Rezvanjoo, B., Shirazi, P., & Khosravi, S.H. (2014). Protective effects of coenzyme Q10 and vitamin C on cysteamine-induced lipid peroxidation and oxidative stress in rats. *Veterinary Clinical Research, 5***(1), 21-29. [In Persian]**

Azizbeigi, K., & Qeysari, S.F. (2019). The Effects of progressive resistance training on malondialdehyde concentration and superoxide dismutase enzyme activity in inactive elderly women. *Journal of Payavard Salamat, 13***(2), 151-159**. **[In Persian]**

1. Ubikinon
2. Ubiquinol

Brzycki, M. (1993). Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance, 64***(1), 88-90.**

Cooke, M., Iosia, M., Buford, T., Shelmadine, B., Hudson, G., & Kerksick C. (2008). Effects of acute and 14-day coenzyme Q10 supplementation on exercise performance in both trained and untrained individuals. *Journal of the International Society of Sports Nutrition, 4,* **5-8.**

Crane, F.L., Hatefi, Y., Lester, R. L., & Widmer, C. (1989). Isolation of a quinone from beef heart mitochondria. *Biochimica et Biophysica Acta*, *25,* **220-221.**

Deminice, R., Sicchieri, T., Payão, P.O., & Jordão, A.A. (2010). Blood and salivary oxidative stress biomarkers following an acute session of resistance exercise in humans. *International Journal of Sports Medicine, 31***(09), 599-603.**

Ebrahimi, S., Haghighi, A.H., & Nikkhah, K. (2019). The effect of eight weeks of aerobic-resistance training with Quizum supplementation on antioxidant enzyme activity and lipid peroxidation index in women with multiple sclerosis with regular sexual cycle. *Journal of Applied Sport Physiology, 15***(30), 8-9. [In Persian]**

Ghasemi, E., Afzalpour, M.E., & Saghebjoo, M. (2012). The effect of short-term supplementation of green tea on total antioxidant capacity and lipid peroxidation of young women after a session of intense resistance training. *Journal of Isfahan Medical School, 30***(202), 1276-1267. [In Persian]**

Hosseini Esfahani, F., Asghari, G., Mirmiran, P., Jalali Farahani, S., & Azizi, F. (2009). Reproducibility and relative validity of Food Group Intake in a Food Frequency Questionnaire Developed for the Tehran Lipid and Glucose Study. *The Razi Journal of Medical Sciences, 17***(71), 41-55. [In Persian]**

Jahani, G.H., Firoozrai, M., Matin Homaee, H., Tarverdizadeh, B., Azarbayjani, M.A., & Movaseghi, G.H. (2010). The effect of continuous and regular exercise on erytrocyte antioxidative enzymes activity and stress oxidative in young soccer players. *Razi Journal of Medical Sciences, 17***(74), 22-32. [In Persian]**

Kon, M., Kimura, F., Akimoto, T., Tanabe, K., Murase, Y., & Ikemune, S. (2007). Effect of coenzyme Q10 supplementation on exercise-induced muscular injury of rats. *Exercise Immunology Review, 13,* **76-88.**

Miller, E., Mrowicka, M., Malinowska, K., Mrowicki, J., Saluk-Juszczak, J., & Kędziora, J. (2010). The effects of whole-body cryotherapy on oxidative stress in multiple sclerosis patients. *Journal of Thermal Biology, 35***(8), 406-410.**

Niki, E. (2018). Oxidative stress and antioxidants: Distress or eustress? *Free Radical Biology and Medicine, 124***(20), 124-564.**

Powers, S. K., Criswell, D., Lawler, J. O. H. N., Martin, D., Lieu, F. K., Ji, L. L., & Herb, R. A. (1993). Rigorous exercise training increases superoxide dismutase activity in ventricular myocardium. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology, 265***(6), 2094-2098.**

Powers, S.K., & Sen, C.K. (2000). *Physiological antioxidants and exercise training***. (Sen CK, Packer L,). Hänninen OP. Handbook of oxidants and antioxidants in exercise. 42-221.**

Pyne, D.B. (1994). Regulation of neutrophil function during exercise. *Sports Medicine, 17***(4), 245-258.**

Saghebjoo, M., Ghanbari Niaki, A., Fathi, R., & Hedayati, M. (2010). The effect of circular resistance training on the plasma ghrelin level of young women", *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*, *12***(5), 535-529. [In Persian]**

Samjoo, I.A., Safdar, A., Hamadeh, M.J., Raha, S., & Tarnopolsky, M.A. (2013). The effect of endurance exercise on both skeletal muscle and systemic oxidative stress in previously sedentary obese men. *Nutrition & Diabetes, 3***(9), e88.**

Silva, E.P., Soares, E.O., Malvestiti, R., Hatanaka, E., & Lambertucci, R.H. (2016). Resistance training induces protective adaptation from the oxidative stress induced by an intense-strength session. *Sport Sciences for Health, 12***(3), 321-328.**

Sindhi, V., Gupta, V., Sharma, K., Bhatnagar, S., Kumari, R., & Dhaka, N. (2013). Potential applications of antioxidants – A review. *Journal of Pharmacy Research, 7***(9), 828–835.**

Taati, M., Alirezaei, M., Meshkatalsadat, M.H., Rasoulian, B., Kheradmand, A., & Neamati, S.H. (2011). Antioxidant effects of aqueous fruit extract of Ziziphus jujuba on ethanolinduced oxidative stress in the rat testes. *Iranian Journal of Veterinary Research, 12***(34), 39-43. [In Persian]**

Valado, A., Pereira, L., Tavares, P., & Ribeiro, C. (2007). Effect of the intense anaerobic exercise on nitric oxide and malondialdehyde in studies of oxidative stress. *International Journal of Biology and Biomedical Engineering, 1***(1), 26-32.**

Watson, T.A., MacDonald-Wicks, L.K., & Garg, M.L. (2005). Oxidative stress and antioxidants in athletes undertaking regular exercise training. *The International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 15***(2), 131-46.**