University of Birjand

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport Research Paper

Summer 2025, 13(34), 98-111

Received: Nov 04, 2023 Revised: Apr 26, 2024 Accepted: Apr 28, 2024

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

The effect of consuming garlic powder on serum glutathione and some cell indices in inactive people after a session of exhaustive exercise

Saeed Ilbeigi[1]*, Marziyeh Saghebjoo[2], Behnam Salari[3], Yeganeh Feyzi[4]

1. Associate Professor at Department of Sports Sciences, Faculty of Sports Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran.

2. Professor at Department of Sports Sciences, Faculty of Sports Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran.

3. MSc in Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences, University of Birjand, Iran.

4. PhD Students in Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences, University of Birjand, Iran.

Extended Absract

Background and Aim: Physical activity and the use of antioxidant supplements are considered effective strategies for improving the balance between oxidative and antioxidative stress, thereby enhancing physical performance (19). In recent years, several pharmacological and medical studies have identified garlic, as a natural substance, has antioxidant properties (20). Due to these properties, garlic may help counteract the harmful effects of oxidative stress caused by various diseases and reduce indicators of cell membrane damage (19).

Given the increasing interest in natural and cost-effective sources of antioxidants for promoting health, further research in this area is warranted. Therefore, the aim of the present study is to examine the effects of garlic supplementation on serum glutathione levels and selected markers of cellular damage in inactive individuals following a session of exhaustive exercise.

Materials and Methods: This semi-experimental study was conducted on a statistical population comprising male students from Birjand University. All participants were healthy, physically inactive (i.e., had not engaged in regular physical activity for at least one year prior to the study), and non-smokers. A total of 10 volunteers (mean age: 25.6 ± 2.6 years) were recruited through public announcements. The study employed a counterbalanced crossover design, in which all participants received both the garlic supplement and the placebo in separate phases. Each participant attended three laboratory sessions. During the first session, after signing an informed consent form and completing a general health and demographic questionnaire, anthropometric characteristics were measured. These included weight, height, body mass index (BMI) (assessed via a body composition analyzer), and body fat percentage, which was estimated using skinfold measurements at three sites

Cite this article:
Ilbeigi S, Saghebjoo M, Salari B, Feyzi Y. The effect of consuming garlic powder on serum glutathione and some cell indices in inactive people after a session of exhaustive exercise. Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport. 2025;13(34):98-111.

*** Corresponding Author, Address; Faculty of Sports Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran;**
Email: silbeigi@birjand.ac.ir

https://doi.org/10.22077/jpsbs.2024.6920.1832

Copyright: © 2025 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/).

(thigh, triceps, abdomen, all on the right side) and calculated using a standard three-point formula (28).

In general, after the first session, in the second and third sessions (test sessions) which were conducted two weeks apart, a blood sample was initially taken from the brachial vein in the sitting position (all initial samplings were performed at 8 AM in the fasting state). Then, the supplement or placebo was consumed once a day by the participants (1000 mg capsule containing garlic powder or flour as placebo) and after two weeks, they performed the Bruce exhausting activity (29, 30). In this study, two blood samples, each of five milliliters, were taken from the brachial vein of the participants in the sitting position in the fasting state, such that one blood sample was taken before taking the supplement; second stage of blood sampling for glutathione immediately after exhaustive exercise and for cell damage markers 24 h after exercise was conducted. Blood samples were analyzed for serum glutathione and markers of cell damage, including creatine kinase (CK) and lactate dehydrogenase (LDH).

Findings: As shown in Table 2, there were no statistically significant differences in baseline characteristics (age, weight, body fat percentage, and BMI) among the participants (p>0.05), indicating homogeneity of the sample.

Table1. Results of independent and dependent t-tests for comparing within- and between-group changes

Variable	Group	Dependent t	Within-group p	Independent t	Between-group p
Glutathione	Placebo	10.06	0.001*	-15.10	0.001*
	Garlic	7.41	0.001*		
LDH	Placebo	-12.53	0.001*	1.60	0.07
	Garlic	-7.51	0.001*		
CK	Placebo	-19.66	0.001*	1.72	0.06
	Garlic	-16.28	0.001*		

*** Indicates a significant difference between the two groups at the p<0.05 level.**

According to the statistical results in Table 1, garlic supplementation significantly affected the serum glutathione response. Following exhaustive exercise, serum glutathione levels decreased significantly more in the garlic group compared to the placebo group (p=0.001).

On the other hand, the statistical results of the data showed that the LDH level both the garlic and placebo groups showed a significant increase post-exercise compared to pre-exercise levels (p=0.001); however, the between-group difference was not statistically significant (p=0.07). Similarly, CK levels also increased significantly after exercise in both groups (p=0.001), but the increase was not significantly different between the garlic and placebo groups (p=0.06). These findings indicate that garlic consumption did not prevent the post-exercise rise in CK levels, suggesting that the increase was primarily due to the exhaustive exercise protocol itself (Table 1).

Conclusion: The present study indicates that acute garlic supplementation, likely due to its sulfur-containing compounds, may activate enzymes involved in glutathione synthesis and metabolism, thereby influencing the antioxidant response. Specifically, garlic may enhance glutathione utilization in response to exhaustive exercise, potentially through the activation of glutathione peptide metabolism.

Keywords: Exhausting exercise, Garlic supplement, Glutathione, Lactate Dehydrogenase, Creatine Kinase.

Ethical considerations: All ethical principles have been considered in this article. Participants were informed about the purpose of the study and its implementation stages. They were also assured of the confidentiality of their information and could leave the study at any time and, if they wish, the results of the study will be made available to them. Written informed consent was obtained

from the participants.

Compliance with ethical guidelines: The authors of this article adhere to ethical rules and standards at all stages of the research, from design to publication of the article, in order to maintain scientific integrity, prevent fraud, and maintain scientific credibility.

Funding: This research has not received any funding from government, public, commercial, or non-profit funding organizations.

Conflict of interest: The authors declare that they have no conflicts

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نشریه مطالعات کاربردی علوم‌زیستی در ورزش مقاله پژوهشی
تابستان ۱۴۰۴، دوره ۱۳، شماره ۳۴، ص ۱۱۱-۹۸
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۱۳ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۹

تاثیر مصرف پودر سیر بر گلوتاتیون سرم و برخی شاخص‌های آسیب سلولی در افراد غیرفعال پس از یک جلسه فعالیت وامانده‌ساز

سعید ایل بیگی[1*]، مرضیه ثاقب جو[2]، بهنام سالاری[3]، یگانه فیضی[4]

۱. دانشیار گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۲. استاد گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۳. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۴. دانشجوی دکترای فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: سیر با برخورداری از آثار ضداکسایشی می‌تواند ضمن مقابله با آثار نامطلوب فشار اکسیداتیو ناشی از بیماری‌ها، سبب کاهش شاخص آسیب‌های غشای سلولی شود. هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر مصرف پودر سیر بر گلوتاتیون سرم و برخی شاخص‌های آسیب سلولی در افراد غیرفعال پس از یک جلسه فعالیت وامانده‌ساز بود. **روش تحقیق**: تعداد ۱۰ دانشجوی پسر غیرفعال سالم با میانگین سنی ۲/۶±۲۵/۶ سال و شاخص توده بدنی ۱/۷±۲۳/۵ کیلوگرم بر متر مربع، به‌صورت داوطلبانه در این تحقیق متقاطع، شرکت نمودند. شرکت‌کننده‌ها دو بار پروتکل بروس را با فاصله دو هفته انجام دادند. خونگیری اولیه به شکل ناشتا در ابتدای صبح انجام شد. سپس شرکت‌کننده‌ها، مکمل یا دارونما (۱۰۰۰ میلی گرم کپسول حاوی پودر سیر به عنوان مکمل و آرد به عنوان دارونما) را به مدت دو هفته مصرف کردند و متعاقب آن، فعالیت وامانده‌ساز بروس را انجام دادند. خونگیری دوم به منظور گلوتاتیون سرم بلافاصله بعد از فعالیت وامانده‌ساز و برای اندازه‌گیری شاخص‌های آسیب سلولی، ۲۴ ساعت بعد از فعالیت انجام شد. سنجش شاخص‌های گلوتاتیون، کراتین‌کیناز و لاکتات‌دهیدروژناز با روش‌های استاندارد انجام گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون t مستقل و وابسته در سطح معنی‌داری $p<0/05$ استفاده شد. **یافته ها**: نتایج آماری نشان داد که سطح گلوتاتیون در دو گروه سیر و دارونما بعد از فعالیت وامانده‌ساز ($p=0/001$) کاهش داشته و در گروه سیر نسبت به دارونما ($p=0/001$) تفاوت معنی‌داری پیدا کرد. سطح لاکتات‌دهیدروژناز و کراتین‌کیناز در هر دو گروه سیر ($p=0/001$) و دارونما ($p=0/001$) بعد از فعالیت وامانده‌ساز افزایش و در گروه سیر نسبت به دارونما، تفاوت معنی‌داری نداشت ($p=0/08$). **نتیجه‌گیری**: مصرف حاد سیر، احتمالاً با فعال کردن پپتید گلوتاتیون موجب افزایش برداشت بیشتر این آنتی‌اکسیدان در پاسخ به فعالیت وامانده‌ساز می‌شود. همچنین فعالیت وامانده‌ساز بروس موجب ایجاد آسیب سلولی می‌شود که مصرف مکمل سیر تاثیری بر بروز آسیب سلولی ندارد.

واژه‌های کلیدی: فعالیت ورزشی وامانده‌ساز، مکمل سیر، گلوتاتیون، لاکتات‌دهیدروژناز، کراتین‌کیناز.

* نویسنده مسئول، آدرس: بیرجند، دانشگاه بیرجند، دانشکده علوم ورزشی؛
پست الکترونیک: silbeigi@birjand.ac.ir
https://doi.org/10.22077/jpsbs.2024.6920.1832

مقدمه

گونه‌های اکسیژن واکنشی[1] (ROS) به‌طور دائم در فرآیندهای سوخت و سازی بدن تولید می‌شوند. نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که فعالیت بدنی سنگین و متوسط حاد و طولانی مدت، احتمالاً موجب افزایش تولید رادیکال‌های آزاد در عضله اسکلتی و دیگر بافت‌های فعال می‌شود (۱، ۲). هرچند جریان اکسیژن در زنجیرهٔ انتقال الکترونی میتوکندری منبع اصلی تولید رادیکال آزاد است، اما مسیرهای دیگری مانند مسیر گزانتین اکسیداز[2] (آنزیمی که بازهای آلی پورین نظیر آدنین و گوانین را به اوره تبدیل می‌کند)، نیز ممکن است هنگام یا پس از فعالیت ورزشی فعال شوند (۳). بنابراین، تامین ناکافی انرژی درون عضلانی در فعالیت‌های هوازی و بی هوازی، هر دو ممکن است موجب تولید ROS گردد (۴). تمرینات هوازی درمانده‌ساز نیاز به اکسیژن را ۱۰ الی ۱۵برابر زمان استراحت افزایش می‌دهد، که در نتیجه آن جذب اکسیژن توسط سلول‌ها بیشتر شده و روند زنجیره انتقال الکترون در میتوکندری افزایش می‌یابد (۵). اما تمرینات بی‌هوازی می‌توانند از طریق فعال کردن آنزیم گزانتین اکسیداز، اسیدوز و اکسیداسیون کاتکولامین‌ها موجب تولید ROS شود. که این مسیر با مسیر فعال شده توسط تمرینات هوازی متفاوت است (۶، ۷). افزایش تولید ROS موجب تغییرات بیوشیمیایی در اجزای مختلف سلولی می‌شود و محیط پراکسیداسیون ایجاد می‌کند، که به‌طور کلی به آن فشار اکسایشی می‌گویند. از طرفی، با وقوع فشار اکسایشی، فعالیت دستگاه ضداکسایشی بدن نیز افزایش می‌یابد. آنزیم‌های ضداکسایشی سوپر اکساید دیسموتاز[3] (SOD)، گلوتاتیون پراکسیداز[4] (GPX) و کاتالاز[5] (CAT) در داخل بدن و به‌صورت درون‌زا فعالیت می‌کنند (۸). برای مثال می‌توان به تحقیق سلیمانی و دیگران (۲۰۱۸) اشاره کرد. آن‌ها تأثیر متابولیسم وامانده‌ساز را بر رادیکال‌های آزاد افراد غیرفعال بررسی کرده و نشان دادند که این فعالیت، باعث افزایش تولید ROS و همچنین افزایش فعالیت گلوتاتیون می‌شود (۹). گلوتاتیون از جمله مولکول‌هایی است که به عنوان یک تری‌پپتاید[6] غیر معمول متشکل از سه آمینو اسید: گلوتامات[7]، سیستئین[8] و گلایسین[9]، نقش کوآنزیمی را در چندین واکنش اکسیداسیونی–احیا ایفا نموده و در بدن دارای اعمال متفاوتی از قبیل شرکت در تعدادی از اعمال آنزیم‌ها، تشکیل پیوند پپتایدی در بسیاری از پروتئین‌ها و هورمون‌های پلی‌پپتیدی، سم‌زدایی پراکسیدها از گلبول‌های قرمز و غیره می‌باشد (۱۰).

با انجام فعالیت‌های ورزشی سنگین و متوسط به بالا، رهایش بیش از حد بنیان‌های آزاد و تخلیه منابع ضداکسایشی درون‌زا رخ می‌دهد که در نتیجه، باعث ضعف دستگاه ضداکسایشی درون‌زا و افزایش آسیب‌های اکسایشی و همچنین موجب افزایش شاخص‌های آسیب سلولی مانند کراتین‌کیناز[10] (CK) و لاکتات‌دهیدروژناز[11] (LDH) می‌شود (۱۱). زمانیکه پروتئین و لیپید به وسیله ROS اکسید می‌شوند، تولید نیروی عضلانی کاهش می‌یابد و ممکن است باعث بروز خستگی شود (۱۲، ۱۳). کریم زاده و کاظمی (۲۰۱۹) به بررسی پاسخ آنزیم‌های CK و LDH به فعالیت وامانده‌ساز پرداختند. نتایج نشان داد که تمرین وامانده‌ساز شنا موجب افزایش غلظت CK و LDH در پاسخ به یک جلسه فعالیت نسبت به قبل از فعالیت می‌شود (۱۴). به‌طور کلی، تحقیقات نشان می‌دهد که تمرینات وامانده‌ساز شدید موجب تولید انواع رادیکال‌های آزاد در بدن می‌شود که این رادیکال‌ها، با واکنش با غشا لیپیدی سلول‌ها به حالت پایدار می‌رسند و از طرفی، موجب تخریب این غشا می‌شوند که در نتیجه آن، آنزیم‌های CK و LDH که در درون سلول وجود دارند به خارج سلول رها می‌شوند و وارد جریان خون و سرم می‌شوند و میزان غلظت این دو آنزیم در سرم افزایش می‌یابد (۱۵). کراتین کیناز بیشتر از سلول‌های عضلانی رها می‌شود و LDH از سلول‌های گلبول قرمز که بیشتر انرژی خود را از مسیر گلیکولتیک بی هوازی تولید می‌کنند، رها می‌گردد (۱۶). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که افراد غیرورزشکار دارای ظرفیت ضداکسایشی نسبتاً پایین و عدم سازگاری مناسب به فشار اکسایشی ناشی از فعالیت‌های نسبتاً شدید و متوسط به بالا می‌باشند (۱۷). از این رو، محققان و متخصصان ورزشی و پزشکی همواره درصدد آن

1. Reactive oxygen species
2. Xanthine oxidase
3. Superoxide dismutase
4. Glutathione peroxidase
5. Catalase
6. Tri-peptide
7. Glutamate
8. Cysteine
9. Glycine
10. Creatine kinase
11. Lactate dehydrogenase
12. Filomeni

بوده‌اند که به شیوه‌های مختلف از بروز فشار اکسایشی و آسیب‌های مربوط به آن جلوگیری کرده و یا دست کم آن را به پایین‌ترین حد ممکن برسانند (۱۸).

به نظر می‌رسد، فعالیت ورزشی و استفاده از مکمل‌های ضد اکسایشی یکی از راهکارهای ارتقای توازن میان فشار اکسایشی و ضد اکسایشی برای افزایش عملکرد می‌باشد (۱۹). در سال‌های اخیر، برخی از مطالعات داروشناسی و پزشکی نشان داده است که سیر به‌عنوان یک ماده طبیعی دارای خاصیت ضداکسایشی است (۲۰). سیر دارای ویتامین E، C و بتاکاروتن می‌باشد و این ترکیبات دارای خواص ضد اکسایشی هستند (۲۱، ۲۲). البته در تحقیقی که توسط فیلومنی[1] (۲۰۰۳) انجام شد، مشخص گردید که بخش اعظم ظرفیت ضد اکسایشی گیاهان فقط به وجود ویتامین E، C و بتاکارتن خلاصه نمی‌شود، بلکه به وجود اجزای دیگر از قبیل پلی فنول‌هایی است که دارای قدرت ضد اکسایشی قوی هستند و نیز ترکیبات سولفوردار از جمله آلیسین[2]، اس آلیل سیستئین[3] و دی‌آلیل دی‌سولفید[4] دارای خواص درمانی می‌باشند. آلیسین به‌عنوان مهم‌ترین جزء بیولوژیکی فعال سیر شناخته شده است و در پاکسازی بنیان‌های آزاد بسیار مؤثر است (۲۳). کوآنشنگ[5] (۲۰۰۸) در تحقیقی روی افراد ورزشکار (دختر و پسر ۱۸الی ۲۰ ساله) نشان داد که مصرف ۸۰ میلی گرم از مکمل آلیسین (از ترکیبات سیر) به مدت ۱۴ روز قبل از فعالیت ورزشی (دویدن به صورت سراشیبی در نوارگردان) و دو روز پس از فعالیت، موجب کاهش معنی‌دار آسیب سلولی (CK و LDH) و افزایش ظرفیت ضد اکسایشی می‌گردد (۲۴).

اکثر دانشمندان قصد دارند تا با شناسایی فرآیندهای مختلف و ارائه راهبردهای کاربردی، به ارتقاء بالندگی زندگی انسان‌ها و ورزشکاران کمک نمایند. علاوه بر فعالیت بدنی، یکی از راه‌های جلوگیری و کاهش فشار اکسایشی و عواقب آن، استفاده از مکمل‌های ضد اکسایشی است. بیشترین تحقیقات انجام گرفته در این زمینه بر روی مکمل‌های ضد اکسایشی صنعتی بوده است. از طرفی، برخی مطالعات نشان می‌دهند که مکمل‌های صنعتی در دراز مدت خود دارای عوارض برای بدن هستند (۶، ۲۵).

به این جهت، امروزه به منظور حفظ و افزایش سلامت مصرف کنندگان و نیز دستیابی به منابع جدید و ارزان قیمت ضداکسایشی‌های طبیعی، تحقیقات در این مورد ضروری است. بنابراین، با توجه به مطالعات اندک در این زمینه و نیاز مبرم به ارتقاء عملکرد در زندگی روزانه و کاهش عوارض ناشی از فشارهای اکسایشی به دنبال ورزش، بر آن شدیم تا تاثیر مصرف سیر بر گلوتاتیون، LDH و CK در افراد غیرفعال پس از یک جلسه فعالیت وامانده‌ساز را بررسی کنیم.

روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی بود. جامعه آماری تحقیق حاضر، شامل دانشجویان مرد دانشگاه بیرجند که همه آن‌ها سالم، غیرفعال (عدم فعالیت بدنی منظم طی یک سال قبل از مطالعه) و غیرسیگاری بودند. ۱۰ نفر با میانگین سنی ۲/۶+۲۵/۶ سال به عنوان نمونه از طریق اطلاعیه و به‌صورت داوطلبانه در این تحقیق شرکت نمودند. تمامی شرکت کننده‌های این تحقیق مصرف مکمل و یا دارونما را به شکل توازن متقابل اجرا کردند. معیارهای ورود به تحقیق: عدم فعالیت ورزشی منظم، عدم مصرف دخانیات و سیگار، عدم سابقه بیماری‌های قلبی- عروقی، فشارخون، دیابت، و عدم مصرف داروی خاص و ضداکسایشی در یک سال گذشته بود. همچنین، معیارهای خروج: ایجاد هر گونه آسیب دیدگی و مصدومیت حین پروتکل، غیبت در هر مرحله از خونگیری، یا اجرای فعالیت ورزشی شدید خارج از طرح تحقیق، در نظر گرفته شد. ابتدا از تمام شرکت کننده‌ها درخواست شد که پرسشنامه فعالیت بدنی عادتی بک[6] (برای تعیین میزان فعالیت بدنی) به ترتیب با ضریب روایی و اعتبار ۰/۶۵ و ۰/۹۰ (۲۶) و پرسشنامه رژیم غذایی (ارزیابی پیروی از رژیم غذایی) با ضریب روایی و اعتبار ۶۰ درصد (۲۷) را قبل از شرکت در تحقیق تکمیل نمایند. از شرکت کننده‌ها خواسته شد تا برای حضور در اولین جلسه خونگیری، از ۴۸ ساعت قبل از جلسه خونگیری از مصرف غذاهای با خاصیت ضداکسایشی زیاد و مکمل‌های غذایی و نیز انجام فعالیت‌های شدید خودداری نمایند. شرکت کننده‌های این تحقیق در سه جلسه مجزا به

1. Allicin
2. S‹allylcysteine
3. Deallyldesulfied
4. Quan Sheng
5. Baecke questionare of habitual physical activity
6. Body composition

آزمایشگاه مراجعه کردند. در اولین جلسه حضور، شرکت کننده‌ها پس از امضاء رضایت‌نامه کتبی و تکمیل پرسشنامه اطلاعات عمومی و سلامتی، توضیحاتی در مورد مراحل مختلف اجرای تحقیق و چگونگی اجرای آن دریافت کردند و سپس ویژگی‌های وزن، قد، شاخص توده بدن (توسط دستگاه بادی کامپوزیشن[1]) و درصد چربی بدن (با استفاده از دستگاه چربی زیر پوستی[2] و فرمول سه نقطه‌ای ران، سه سر بازویی، شکمی؛ سمت راست بدن) اندازه‌گیری شد (۲۸).

بعد از جلسه اول آشنایی با پروتکل تحقیق و ارزیابی ویژگی‌های آنتروپومتریک، در جلسات دوم و سوم (جلسات آزمون) که با فاصله دو هفته از یکدیگر انجام شد (شکل یک)، از شرکت کننده‌ها در ابتدا یک نمونه خون در حالت نشسته از ورید سیاهرگ بازویی گرفته شد (تمامی نمونه‌گیری‌های ابتدایی راس ساعت ۸ صبح به شکل ناشتا انجام شد). سپس مکمل یا دارونما یک بار در روز توسط شرکت کننده‌ها مصرف شد (۱۰۰۰میلی گرم کپسول حاوی پودر سیر یا آرد به عنوان دارونما) و بعد دو هفته، فعالیت وامانده‌ساز بروس[3] را انجام دادند. دومین مرحله خونگیری به منظور بررسی گلوتاتیون سرم بلافاصله بعد از فعالیت وامانده‌ساز؛ و برای اندازه‌گیری شاخص‌های آسیب سلولی، ۲۴ ساعت بعد از فعالیت انجام شد. در هفته بعد، افرادی که مکمل مصرف کرده بودند، دارونما و شرکت کننده‌هایی که دارونما مصرف کرده بودند، مکمل مصرف کردند (۲۹).

پروتکل وامانده‌ساز بروس بر روی نوارگردان انجام شد. این پروتکل هفت مرحله دارد. هر مرحله از آزمون بروس سه دقیقه طول می‌کشد و شیب و سرعت دستگاه در هر مرحله افزایش می‌یابد. معمولاً در آغاز، فرد روی نوارگردان راه می‌رود و با افزایش سرعت و شیب از مرحله سوم و چهارم، به راه رفتن سریع می‌پردازد و در صورت توانایی برای ادامه فعالیت، شروع به دویدن می‌کند تا زمانی که فرد به واماندگی رسیده و توانایی ادامه دادن فعالیت را نداشته باشد. در جدول یک شیب و سرعت نوارگردان مشخص شده است (۳۰).

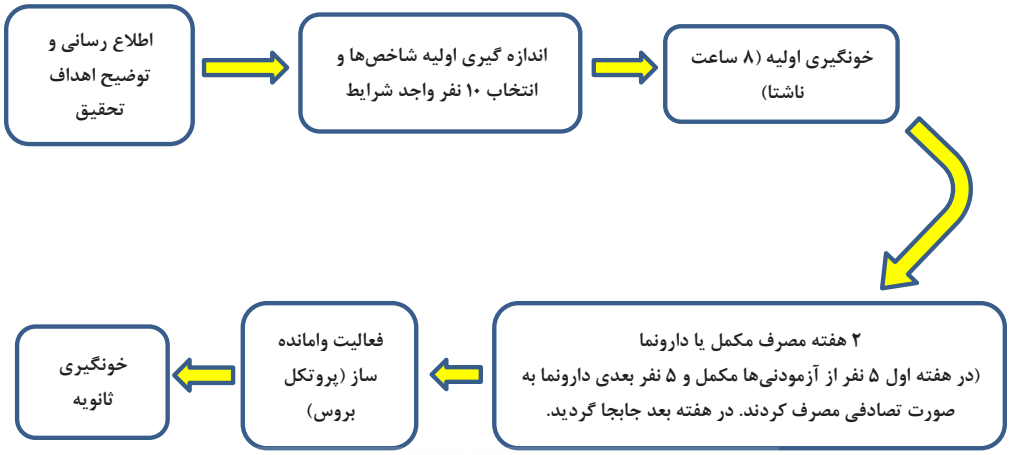
در این تحقیق سه نمونه خونی، هر یک به مقدار پنج میلی‌لیتر در حالت نشسته از ورید سیاهرگ بازوی شرکت کننده‌ها به صورت ناشتا گرفته شد، بدین صورت که یک نمونه خونی قبل از مصرف مکمل؛ نمونه دوم بلافاصله بعد از فعالیت وامانده‌ساز؛ و نمونه سوم (فقط برای CK و LDH) ۲۴ ساعت بعد از فعالیت وامانده‌ساز اخذ گردید و برای اندازه گیری گلوتاتیون و شاخص‌های آسیب سلولی (CK و LDH) مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌های خون جهت جداسازی سرم در دمای چهار درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه و با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. نمونه‌های گرفته شده در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری و برای اندازه‌گیری‌های لازم به آزمایشگاه انتقال داده شد.

جدول ۱. شیب و سرعت نوارگردان در آزمون بروس اجراشده

مرحله	شیب (درصد)	مسافت (مایل در ساعت)	سرعت	
			کیلومتر در ساعت	متر در دقیقه
اول	۱۰	۱/۷	۲/۷	۴۵
دوم	۱۲	۲/۵	۴	۶۷
سوم	۱۴	۳/۴	۵/۵	۹۲
چهارم	۱۶	۴/۲	۶/۸	۱۱۳
پنجم	۱۸	۵	۸	۱۳۳
ششم	۲۰	۵/۵	۸/۸	۱۴۷
هفتم	۲۲	۶	۹/۶	۱۶۰

1. Skinfold
2. Bruce
3. Glutathione

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها مربوط به گلوتاتیون احیاء[4] (GSH) از روش رنگ سنجی شیمیایی با استفاده از کیت GSH (با حساسیت ۱۰ واحد در لیتر) ساخت چین (ایستابیوفارم هانگژو[1]) و برای تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به CK و LDH، از روش رنگ سنجی آنزیمی با استفاده از کیت‌های ساخت ایران (شرکت پارس آزمون) به ترتیب با حساسیت یک واحد در لیتر و پنج واحد در لیتر، استفاده شد.



شکل ۱. طرح شماتیک تحقیق

داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ تجزیه و تحلیل شدند. ابتدا به‌منظور بررسی طبیعی بودن داده‌ها، از آزمون کولموگروف- اسمیرنف[2] استفاده شد. برای مقایسه داده‌ها بین دو گروه، ابتدا تفاضل داده‌های پیش و پس آزمون در هر دو گروه محاسبه شد، سپس از آزمون t مستقل استفاده گردید. همچنین به‌منظور مقایسه داده‌های قبل و بعد در هر گروه، از آزمون t وابسته استفاده شد. سطح معنی‌داری برای تمام تحلیل‌های آماری p<۰/۰۵ منظور گردید.

یافته ها

در جدول های دو و سه به توصیف شاخص های فردی و بیوشیمیایی شرکت کننده‌ها پرداخته شده است. طبق نتایج آماری جدول چهار، مصرف سیر در پاسخ گلوتاتیون تاثیرگذار است و در اثر مصرف سیر، سطح گلوتاتیون سرمی گروه مکمل سیر نسبت به گروه دارونما، در پاسخ به فعالیت وامانده‌ساز، کاهش معنی‌دار بیشتری پیدا کرده است (p=۰/۰۰۱). از طرف دیگر، نتایج آماری داده‌ها نشان داد که میزان LDH در گروه دارونما و همچنین در گروه مصرف سیر، نسبت به قبل از فعالیت وامانده‌ساز، افزایش معنی‌داری داشته است (p=۰/۰۰۱)؛ اما این افزایش بین گروه‌ها (نسبت به یکدیگر) تفاوت معنی‌داری نداشت (p=۰/۰۷). همچنین، نتایج آماری داده‌ها نشان داد که میزان CK در گروه دارونما و همچنین در گروه مصرف سیر، نسبت به قبل از فعالیت وامانده‌ساز افزایش معنی‌داری داشته است (p=۰/۰۰۱)؛ اما این افزایش بین گروه‌ها نسبت به یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشت (p=۰/۰۶). نهایتاً نتایج نشان داد که مصرف سیر از افزایش میزان CK پس از فعالیت وامانده‌ساز جلوگیری نکرده و این میزان افزایش CK در نتیجه انجام فعالیت وامانده‌ساز بوده است (جدول چهار).

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مصرف سیر باعث کاهش سطح گلوتاتیون بعد از فعالیت وامانده‌ساز بروس می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که میزان گلوتاتیون در گروه سیر نسبت به دارونما کاهش معنی‌داری پیدا کرده است. این یافته‌ها با نتایج تحقیقات قدیری صوفی و دیگران (۲۰۱۰) با عنوان اثر ورزش بر اجزای چرخه گلوتاتیون، همسو است (۳۱). کلی و دیگران (۱۹۹۸) در تحقیق خود بیان کردند که یک فعالیت حاد استقامتی موجب کاهش سطح گلوتاتیون پلاسما می‌شود. در این تحقیق ۱۰ مرد تمرین کرده شرکت کردند و مسافت ۲۰ کیلومتر را دویدند. سطوح پلاسمایی گلوتاتیون (۲۰ درصد) بعد از فعالیت، کاهش معنی‌داری نشان داد. همچنین در تحقیق، غنیمتی

1. Eastbiopharm Hangzhou
2. Kolmogorov - Smirnov

جدول ۲. ویژگی‌های عمومی شرکت کننده‌ها (انحراف معیار ± میانگین)

سن (سال)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	چربی بدن (درصد)
۲۵/۲±۶/۶	۷۷/۱۰±۲/۹۰	۲۱/۱±۱/۷۹	۱۸/۲۰±۲/۲۰

جدول ۳. میانگین و انحراف معیار (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) متغیرهای تحقیق

متغیر	وضعیت	قبل از فعالیت وامانده ساز (پیش آزمون)	بعد از فعالیت وامانده‌ساز (پس آزمون)
گلوتاتیون (نانوگرم/میلی لیتر)	دارونما	۲/۷۵±۰/۲۵	۲/۶۲±۰/۲۴
	سیر	۲/۷۴±۰/۳۳	۲/۴۷±۰/۳۸
لاکتات دهیدروژناز (نانوگرم/میلی لیتر)	دارونما	۴۱۳±۳۷/۲۷	۵۳۹±۶۵/۹۲
	سیر	۴۲۴±۳۹/۳۷	۵۰۹±۷۰/۹۳
کراتین کیناز (نانوگرم/میلی لیتر)	دارونما	۱۷۸±۱۲/۱۱	۲۶۸±۱۹/۱
	سیر	۱۸۳±۱۲/۱۳	۲۳۵±۱۷/۶

جدول ۴. نتایج آزمون t مستقل و وابسته در مورد مقایسه تغییرات درون و بین گروهی متغیرها

متغیر	وضعیت	t وابسته	p درون گروهی	t مستقل	p بین گروهی
گلوتاتیون	دارونما	۱۰/۰۶	۰/۰۰۱*	-۱۵/۱۰	۰/۰۰۱*
	سیر	۷/۴۱	۰/۰۰۱*		
لاکتات دهیدروژناز	دارونما	-۱۲/۵۳	۰/۰۰۱*	۱/۶۰	۰/۰۷
	سیر	-۷/۰۱	۰/۰۰۱*		
کراتین کیناز	دارونما	-۱۹/۶۶	۰/۰۰۱*	۱/۷۲	۰/۰۶
	سیر	-۱۶/۲۸	۰/۰۰۱*		

* نشانه تفاوت معنی‌دار در سطح p<۰/۰۵.

و دیگران (۲۰۱۲) که به بررسی تاثیر تمرین استقامتی و مصرف سیر بر گلوتاتیون و برخی شاخص‌های آسیب سلولی مردان غیرفعال در پاسخ به یک جلسه فعالیت وامانده‌ساز پرداختند، نتایج نشان داد که غلظت گلوتاتیون سرمی در پاسخ به یک جلسه فعالیت وامانده‌ساز کاهش معنی‌داری می‌یابد (۳۲). گلوتاتیون یک پپتید سه‌گانه است که از اسیدهای آمینه سیستئین[1]، گلوتامات اسید[2] و گلایسین[3] تشکیل یافته است. در میان اسیدهای آمینه تشکیل دهنده گلوتاتیون، سیستئین به دلیل داشتن یک گروه سولفیدریل[4] (-SH) در ترکیب خود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این موضوع باعث می‌شود تا گلوتاتیون بتواند به دو صورت اکسید و احیاء درآید. گلوتاتیون احیاء می‌تواند با واگذار کردن الکترون به سایر مواد و از جمله رادیکال‌های آزاد، از اکسید شدن سایر مواد جلوگیری کند (۳۳). ذخایر گلوتاتیون در بدن تابع میزان متابولیسم، سن و حتی جنس افراد است (۳۴). هر اندازه میزان متابولیسم در روز بالاتر باشد (انجام فعالیت‌های ورزشی و میزان رشد افراد در حال رشد)، مقدار ذخایر گلوتاتیون نیز بالاتر خواهد بود و در مقابل، هر قدر میزان متابولیسم پایین‌تر باشد (عدم فعالیت بدنی و عدم رشد در افراد)، مقدار آن در بدن نسبتاً

1. Cystine
2. Glutamic acid
3. Glycine
4. Sulfydryl

پایین می‌آید (۳۵). میزان غلظت گلوتاتیون پس از فعالیت ورزشی به‌طور عمده مربوط به افزایش فعالیت و نیز میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز، و گلوتاتیون اکسیداز است (۳۶، ۳۷). بر اساس مطالعات انجام شده، سیر با داشتن ترکیبات سولفوردار مانند اس-آلیل سیستئین، دی‌آلیل سولفید و ترکیبات فنولی خاصیت ضد اکسایشی از خود نشان می‌دهد (۳۸، ۳۹). همچنین این ترکیبات می‌توانند با افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون اکسیداز موجب افزایش مصرف گلوتاتیون بدن شود تا رادیکال‌های بیشتری خنثی شود. از این رو، دلیل احتمالی کاهش سطح گلوتاتیون بدن در گروه مصرف سیر نسبت به گروه دارونما می‌تواند این موضوع باشد. همچنین تحقیقات مختلفی بیان کردند که فعالیت وامانده‌ساز با افزایش رادیکال‌های بدن، موجب فعال شدن سیستم ضداکسایشی، از جمله سیستم ضداکسایشی گلوتاتیونی می‌شود. گلوتاتیون اکسیداز که جزء آنزیم‌های مهم این دستگاه می‌باشد و برای خنثی کردن اثر رادیکال‌های آزاد (که در ورزش بیشتر گونه‌های فعال اکسیژن هستند) گلوتاتیون احیا را به گلوتاتیون اکسید تبدیل می‌کند، درنتیجه گلوتاتیون برای بی اثر شدن این مواد مصرف می‌شود. از این رو، کاهش گلوتاتیون بدن در دو گروه نسبت به قبل از فعالیت احتمالاً به این دلیل می باشد که این نتایج با تحقیقات غنیمتی و دیگران (۲۰۱۳) و قدیری صوفی (۲۰۱۰) همسو می‌باشد. اما این نتایج (کاهش گلوتاتیون بدن در دو گروه نسبت به قبل از فعالیت) با تحقیق عسکری و دیگران (۲۰۲۱) غیر همسو است. تحقیق مذکور به بررسی اثرات مکمل سیر بر فشار اکسایشی و نشانگرهای ظرفیت ضد اکسایشی پرداخته است (۴۰). نتایج نشان داد مکمل سیر موجب افزایش شاخص ضداکسایشی می‌گردد و دلیل تناقض در نتایج احتمالاً دوز سیر بوده است. از طرف دیگر، در تحقیق هیلستن[1] و دیگران (۱۹۹۶) فعالیت بی هوازی اجرا شده است (۴۱). همچنین تحقیق حاضر نشان داد که مصرف سیر بر پاسخ CK و LDH به یک جلسه فعالیت وامانده‌ساز تاثیر ندارد که با نتایج وانگ[2] و دیگران (۲۰۱۲) غیر همسو است. به عبارت دیگر، مصرف سیر از افزایش میزان لاکتات خون پس از فعالیت وامانده‌ساز جلوگیری نکرده است و این میزان افزایش لاکتات خون به خاطر انجام فعالیت وامانده‌ساز بوده است. در تحقیق وانگ و دیگران که به بررسی اثرات مکمل سیر بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی ناشی از ورزش پرداخته است، دوز مکمل ۸۰۰ میلی گرم و همچنین شرکت کننده‌های تحقیق افراد تمرین کرده بوده‌اند. احتمالاً دلیل اختلاف با نتایج تحقیقات ذکر شده نوع مکمل و شرکت کننده‌ها و استفاده سیر در یک دوره می‌باشد (۴۲). همچنین نتایج تحقیق نشان داد که تمرین وامانده‌ساز موجب افزایش غلظت CK و LDH در پاسخ به یک جلسه فعالیت نسبت به قبل از فعالیت وامانده‌ساز می‌شود. این یافته‌ها با نتایج شهیدی و دیگران (۲۰۱۶)، همسو است. آن ها به بررسی تأثیر مصرف عصاره سیر بر CK سرمی متعاقب یک جلسه فعالیت وامانده‌ساز در دختران فعال و غیرفعال پرداختند. عصاره سیر تأثیری بر میزان حالت پایه CK نداشت و همچنین نتوانست از افزایش شاخص‌های آسیب چون CK بعد از فعالیت وامانده‌ساز در دختران فعال و غیرفعال جلوگیری نماید (۴۳). با این حال، یافته های ما با نتایج غنیمتی و دیگران (۲۰۱۳) ناهمسو است. در این مطالعه، به بررسی اثر تمرین استقامتی و مصرف سیر بر گلوتاتیون سرم و آنزیم‌های LDH و CK مردان غیر فعال پس از به یک جلسه فعالیت وامانده‌ساز پرداخته شد و نتایج نشان داد که سطوح استراحتی LDH و CK در گروه های سیر، فعالیت استقامتی و سیر با فعالیت استقامتی؛ نسبت به گروه کنترل، کمتر است. در کل، غلظت LDH و CK سرمی در پاسخ به یک جلسه فعالیت وامانده‌ساز تحت تأثیر تمرین استقامتی و مصرف سیر قرار نگرفت (۳۲). همسو بودن نتایج تحقیق حاضر با تحقیقات گذشته که در قبل اشاره شد، می‌توانند به این دلیل باشد که فعالیت مورد استفاده در این تحقیق، توانسته است مسیرهای تولید رادیکال آزاد و به دنبال آن آسیب سلولی را تحریک نماید، چرا که فعالیت وامانده‌ساز بروس می‌توانند باعث تولید رادیکال آزاد شود و توانسته فشار زیادی را به مسیرهای تولید رادیکال آزاد وارد نماید. به‌خصوص مسیرهایی که بیشتر در فعالیت‌های شدید فعال می‌شوند؛ از جمله فعالیت شدید، می‌توانند باعث کم‌خونی موضعی در عضلات شده که با خون‌رسانی مجدد باعث تولید بینان‌های

1. Hellsten
2. Wang

سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و در نهایت، هیدروکسیل می‌شود (۲۵). همچنین زمان کل اجرای فعالیت ۱۵ دقیقه بود که طبق تحقیقات مدت زمان هرجلسه فعالیت و نیز زمانی‌که شرکت کننده‌ها به فعالیت مشغول هستند یکی از عوامل مؤثر در تولید رادیکال آزاد می‌باشد (۲۵). از سوی دیگر، دلیل ناهمسویی یافته‌های این مطالعه با تحقیقات گذشته که در بالا به آن اشاره شد، می‌تواند استفاده این تحقیقات از پروتکل‌های متفاوت باشد. برای مثال بلومر[1] و دیگران (۲۰۰۹) فقط از یک آزمون وینگیت ۳۰ ثانیه‌ای استفاده کردند و با تحقیقات دیگر به دلیل استفاده از پروتکل‌های مختلف، نتایج متفاوتی را بدست آوردند (۴۴). به‌طور کلی، نتایج تحقیق حاضر بیانگر تاثیر فعالیت وامانده‌ساز شدید بر افزایش تولید انواع رادیکال‌های آزاد در بدن است که این رادیکال‌ها با واکنش با غشا لیپیدی سلول‌ها به حالت پایدار می رسند و باعث تخریب غشا گردیده و در نتیجه موجب رهایی آنزیم‌های CK و LDH درون سلولی به جریان خون و سرم می‌شوند و میزان غلظت این دو آنزیم در سرم افزایش می‌یابد (۳۲). در مجموع، می‌توان اظهار داشت که افراد غیرفعال برای کاهش اثرات رادیکال‌های آزاد تولید شده بر اثر فعالیت حاد، از مکمل سیر برای توسعه دستگاه ضداکسایشی و کاهش اثرات این مولکول‌ها استفاده کنند. از جمله محدودیت‌های تحقیق حاضر می‌توان به کم بودن نسبی تعداد شرکت‌کننده‌ها و عدم بررسی سایر دوزهای مکمل سیر اشاره نمود.

نتیجه گیری: تحقیق حاضر نشان داد که سیر با داشتن ترکیبات سولفوردار احتمالاً می‌تواند آنزیم‌های که باعث سنتز و مصرف گلوتاتیون می‌شود را فعال کرده و بر متابولیسم این مکمل اثرگذار باشد. به‌طور کلی مصرف حاد سیر احتمالاً با فعال کردن پپتید گلوتاتیون موجب افزایش برداشت بیشتر گلوتاتیون در پاسخ به فعالیت وامانده‌ساز می‌شود. همچنین این تحقیق نشان داد که تمرین وامانده‌ساز بروس موجب ایجاد آسیب سلولی در افراد غیرفعال می‌شود و مصرف حاد مکمل سیر تأثیری بر بروز آسیب سلولی ندارد و مانع ایجاد آن نمی‌شود.

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

نویسندگان این مقاله، مراتب سپاس و قدردانی خود را از دانشگاه بیرجند و افراد شرکت‌کننده در مطالعه اعلام می‌دارند.

منابع

1. Ji LL, Kang C, Zhang Y. Exercise-induced hormesis and skeletal muscle health. Free Radical Biology and Medicine. 2016;98:113-22. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.02.025

2. Magherini F, Fiaschi T, Marzocchini R, Mannelli M, Gamberi T, Modesti PA, Modesti A. Oxidative stress in exercise training: The involvement of inflammation and peripheral signals. Free Radical Research. 2019;53(11-12):1155-65. https://doi.org/10.1080/10715762.2019.1697438

3. Bortolotti M, Polito L, Battelli MG, Bolognesi A. Xanthine oxidoreductase: One enzyme for multiple physiological tasks. Redox Biology. 2021;41:101882. https://doi.org/10.1016/j.redox.2021.101882

4. Silva ANd, Lima LCF. The association between physical exercise and reactive oxygen species (ROS) production. Journal of Sports Medicine & Doping Studies. 2015;10:2161-0673. http://doi.org/10.4172/2161-0673.1000152

5. Block G, Jensen CD, Morrow JD, Holland N, Norkus EP, Milne GL, et al. The effect of vitamins C and E on biomarkers of oxidative stress depends on baseline level. Free Radical Biology and Medicine. 2008;45(4):377-84. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2008.04.005

1. Bloomer

6. Sen CK. Antioxidants in exercise nutrition. Sports Medicine. 2001;31(13):891-908. https://doi.org/10.2165/00007256-200131130-00001

7. Mirunalini S, Krishnaveni M, Ambily V. Effects of raw garlic (Allium sativum) on hyperglycemia in patients with type 2 diabetes mellitus. Pharmacology Online. 2011;2:968-74. https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1377571

8. Khan AA, Allemailem KS, Alhumaydhi FA, Gowder SJ, Rahmani AH. The biochemical and clinical perspectives of lactate dehydrogenase: an enzyme of active metabolism. Endocrine, Metabolic & Immune Disorders-Drug Targets (Formerly Current Drug Targets-Immune, Endocrine & Metabolic Disorders). 2020;20(6):855-68. https://doi.org/10.2174/1871530320666191230141110

9. Soleymani S, Tofighi A, Babaei Bonab S. Effects of an exhaustive exercise before and after aerobic training along with dietary spirulina supplementation on oxidative stress in inactive obese men. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2018;5(2):36-44. https://doi.org/10.22049/jassp.2019.26544.1214

10. Sindhi V, Gupta V, Sharma K, Bhatnagar S, Kumari R, Dhaka N. Potential applications of antioxidants–A review. Journal of Pharmacy Research. 2013;7(9):828-35. https://doi.org/10.1016/j.jopr.2013.10.001

11. Nocella C, Cammisotto V, Pigozzi F, Borrione P, Fossati C, D'Amico A, et al. Impairment between oxidant and antioxidant systems: Short-and long-term implications for athletes' health. Nutrients. 2019;11(6):1353. https://doi.org/10.3390/nu11061353

12. Sener G, Sehirli AÖ, IPçi Y, Çetinel S, Cikler E, Gedik N. Chronic nicotine toxicity is prevented by aqueous garlic extract. Plant Foods for Human Nutrition. 2005;60:77-86. https://doi.org/10.1007/s11130-005-5103-x

13. Zhu S, Yang W, Lin Y, Du C, Huang D, Chen S, et al. Antioxidant and anti-fatigue activities of selenium-enriched peptides isolated from Cardamine violifolia protein hydrolysate. Journal of Functional Foods. 2021;79:104412. https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104412

14. Karimzadeh H, Kazemi N. The effect of one session of exhaustive swimming training on lactate dehydrogenase, creatine kinase, and lactate of elite male swimmers. Report of Health Care. 2019;5(1):17-24. [In Persian]

15. Evans WJ. Vitamin E, vitamin C, and exercise. The American Journal of Clinical Nutrition. 2000;72(2):647S-52S. https://doi.org/10.1093/ajcn/72.2.647S

16. Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM. Creatine kinase monitoring in sport medicine. British Medical Bulletin. 2007;81-82(1):209-30. https://doi.org/10.1093/bmb/ldm014

17. Azizbeigi K, Qeysari SF. The effects of progressive resistance training on malondialdehyde concentration and superoxide dismutase enzyme activity in inactive elderly women. Payavard Salamat. 2019;13(2):151-9. [In Persian]

18. Fielding R, Meydani M. Exercise, free radical generation, and aging. Aging Clinical and Experimental Research. 1997;9(1-2):12-8. https://doi.org/10.1007/BF03340124

19. Powers SK, Jackson MJ. Exercise-Induced Oxidative Stress: Cellular Mechanisms and Impact on Muscle Force Production. Physiological Reviews. 2008;88(4):1243-76. https://doi.org/10.1152/physrev.00031.2007

20. Durak I, Aytaç B, Atmaca Y, Devrim E, Avcı A, Erol Ç, Oral D. Effects of garlic extract consumption on plasma and erythrocyte antioxidant parameters in atherosclerotic patients. Life Sciences. 2004;75(16):1959-66. https://doi.org/10.1016/j.lfs.2004.04.015

21. Al-Numair KS. Hypocholesteremic and antioxidant effects of garlic (Allium sativum L.) extract in rats fed high cholesterol diet. Pakistan Journal of Nutrition. 2009;8(2):161-6. https://doi.org/10.3923/pjn.2009.161.166

22. Dhawan V, Jain S. Garlic supplementation prevents oxidative DNA damage in essential hypertension. Molecular and Cellular Biochemistry. 2005;275(1-2):85-94. https://doi.org/10.1007/s11010-005-0824-2

23. Filomeni G, Aquilano K, Rotilio G, Ciriolo MR. Reactive oxygen species-dependent c-Jun NH2-terminal kinase/c-Jun signaling cascade mediates neuroblastoma cell death induced by diallyl disulfide. Cancer Research. 2003;63(18):5940-9.

24. Su Q-S, Tian Y, Zhang J-G, Zhang H. Effects of allicin supplementation on plasma markers of exercise-induced muscle damage, IL-6 and antioxidant capacity. European Journal of Applied Physiology. 2008;103(3):275-83. https://doi.org/10.1007/s00421-008-0699-5

25. Benkeblia N. Free-radical scavenging capacity and antioxidant properties of some selected onions (Allium cepa L.) and garlic (Allium sativum L.) extracts. Brazilian Archives of Biology and Technology. 2005;48:753-9. https://doi.org/10.1590/S1516-89132005000600011

26. Ghasemi E, Afzalpour M, Saghebjoo M. 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. 2012;30(202):1276-67. [In Persian]

27. Esfahani FH, Asghari G, Mirmiran P, Azizi F. Reproducibility and relative validity of food group intake in a food frequency questionnaire developed for the Tehran Lipid and Glucose Study. Journal of Epidemiology. 2010;20(2):150-8. https://doi.org/10.2188/jea.je20090083

28. Eston RG, Reilly T. Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual: Routledge London, UK; 2001.

29. Jahangard sardrud A, Hamedi nia MR, Hosseini-Kakhk SAR, Jafari A, Salehzadeh k. Effect of short-term garlic extract supplementation on oxidative stress indices during rest and induced-exercise exhaustion in male soccer players. Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism. 2013;15(1):78-85. [In Persian]. http://ijem.sbmu.ac.ir/article-1-1413-en.html

30. Bruce R. Exercise testing of patients with coronary heart disease: principles and normal standards for evaluation. Annals of Clinical Research. 1971;3(6):323-32.

31. Ghadiri Soufi F, Aslanabadi N, Ahmadiasl N. The influence of regular exercise on the glutathione cycle components: antioxidant defense improvement against oxidative stress. Internal Medicine Today. 2011;16(4):0-0. [In Persian]

32. Ghanimati R, Ebrahim K, Salari B, Gholamian S, Haqi Rad L. The effect of endurance training and garlic consumption on serum glutathione and some indicators of cellular damage in inactive men in response to a session of stimulating activity. Sports Physiology and Physical Activity Journal. 2013;6(1). https://doi.org/10.48308/joeppa.2013.98651

33. Sáez GT, Bannister WH, Bannister JV. Free radicals and thiol compounds—the role of glutathione against free radical toxicity. Glutathione (1990): CRC Press; 2017. p. 237-54.

34. Choromańska B, Myśliwiec P, Dadan J, Maleckas A, Zalewska A, Maciejczyk M. Effects of age and gender on the redox homeostasis of morbidly obese people. Free Radical Biology and Medicine. 2021;175:108-20. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2021.08.009

35. Asadi V, Azizbeigi K, Khosravi N, Hagh Nazari N. Effect of exercise training on omentin-1 and vaspin: comparison of continuous endurance, circuit resistance, and high intensity interval trainings in obese young men. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2019;8(4):103-12. https://doi.org/10.22037/jrm.2019.111421.1980

36. Berzosa C, Cebrián I, Fuentes-Broto L, Gómez-Trullén E, Piedrafita E, Martínez-Ballarín E, et al. Acute exercise increases plasma total antioxidant status and antioxidant enzyme activities in untrained men. BioMed Research International. 2011;2011(1):540458. https://doi.org/10.1155/2011/540458

37. Williams CH. Lipoamide dehydrogenase, glutathione reductase, thioredoxin reductase, and mercuric ion reductase—a family of flavoenzyme transhydrogenases. Chemistry and Biochemistry of Flavoenzymes: CRC press; 2019. p. 121-211.

38. Ohaeri OC. Effect of garlic oil on the levels of various enzymes in the serum and tissue of streptozotocin diabetic Rats. Bioscience Reports. 2001;21(1):19-24. https://doi.org/10.1023/A:1010425932561

39. Ohnishi ST, Ohnishi T. In vitro effects of aged garlic extract and other nutritional supplements on sickle erythrocytes. The Journal of Nutrition. 2001;131(3):1085S-92S. https://doi.org/10.1093/jn/131.3.1085S

40. Askari M, Mozaffari H, Darooghegi Mofrad M, Jafari A, Surkan PJ, Amini MR, Azadbakht L. Effects of garlic supplementation on oxidative stress and antioxidative capacity biomarkers: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Phytotherapy Research. 2021;35(6):3032-45. https://doi.org/10.1002/ptr.7021

41. Hellsten Y, Apple FS, Sjödin B. Effect of sprint cycle training on activities of antioxidant enzymes in human skeletal muscle. Journal of Applied Physiology. 1996;81(4):1484-7. https://doi.org/10.1152/jappl.1996.81.4.1484

42. Wang L, Mimura K, Fujimoto S. Effects of black garlic supplementation on exercise-induced physiological responses. The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine. 2012;1(4):685-94. https://doi.org/10.7600/jpfsm.1.685

43. Shahidi F, Kashef M, Mobaraki M. Effect of garlic extract on total serum creatine kinase activity following a single bout of exhaustive activity in active and inactive girls. National Sports Immunology Conference. 2016;2(43). [In Persian]

44. Bloomer RJ, Smith WA. Oxidative stress in response to aerobic and anaerobic power testing: influence of exercise training and carnitine supplementation. Research in Sports Medicine. 2009;17(1):1-16. https://doi.org/10.1080/15438620802678289