Jundishapur
Scientific Medical Journal
Vol 24. No 2 ,2025

Research Paper

The Effect of Oral Royal Jelly Supplementation and Exercise Training on Antioxidant Defense-Related Parameters in Healthy Active Girls

Saeede Kargaran Ardakani[1], Pezhman Motamedi [2*], Sadegh Amani-Shalamzari [3]

1. PhD Student, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.
3. Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Kargaran Ardakani S, Motamedi P, Amani-Shalamzari S. [The Effect of Oral Royal Jelly Supplementation and Exercise Training on Antioxidant Defense-Related Parameters in Healthy Active Girls (Persian)]. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2025; 24(2):141-152. 10.32592/jsmj.24.2.141.141

http://www.doi.org/10.32592/jsmj.24.2.141

ABSTRACT

Background and Objectives Royal jelly is a highly nutritious natural product with significant potential as a health-promoting food. The aim of the present study was to determine the effect of six weeks of oral royal jelly supplementation and exercise training on total antioxidant capacity (TAC) and serum malondialdehyde (MDA) levels in healthy active young girls.

Subjects and Methods In this single-blind, semi-experimental study, 40 active women aged 20-25 years with a body mass index of 18-25 kg/m² were randomly divided into four equal groups (n=10 each): 1) Supplement, 2) Exercise+Placebo, 3) Exercise+Supplement, and 4) Placebo. The exercise protocol consisted of six weeks of combined training (high-intensity interval training and resistance training) performed three times per week. The supplement group received 1000 mg royal jelly capsules three times daily. Blood samples were collected after 12 hours of fasting at baseline and 72 hours after the intervention period.

Results A significant increase in TAC and decrease in MDA were observed in the Supplement and Exercise+Supplement groups compared to the Placebo group ($p<0.01$). Additionally, TAC was significantly higher in the Supplement group compared to the Exercise+Placebo group ($p<0.05$). No significant differences in MDA were found between the intervention groups ($p>0.05$).

Conclusion Based on the results, combined exercise training and royal jelly supplementation have synergistic effects in enhancing antioxidant defense and reducing lipid peroxidation in active young women.

Keywords Oxidative stress, Antioxidant, Exercise training, Free radicals, Royal jelly.

Received: 14 Septamber 2024
Accepted: 1 January 2025

**** Corresponding Author:***
Pezhman Motamedi
Address: Assistanct Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.
Tel: 09124249556
E-Mail: pezhman.motamedi@yahoo.com

Extended Abstract

Introduction

High-intensity interval training (HIIT) is a training modality that is gaining increasing popularity among elite athletes (1). A characteristic feature of HIIT is the high physical load that is applied for only a limited period of time (1). Previous studies have shown a strong relationship between vascular function and cardiorespiratory fitness (2). It has also been reported that reactive oxygen species (ROS) generated by skeletal muscle contraction during exercise can increase oxidative stress levels and enhance the antioxidant defense system. Although exercise-induced ROS are required for normal force production in skeletal muscle, high levels of ROS can contribute to contractile dysfunction (3). Furthermore, the accumulation of ROS in the body depends on the specific type of exercise performed, as well as its intensity and duration. Therefore, exercise-induced oxidative stress may play an important role in the pathophysiological functions of skeletal muscle (4). Although physical activity increases ROS in skeletal muscle, regular exercise training may regulate enzymatic and non-enzymatic antioxidant defense systems (5). Concurrent resistance and aerobic training offers a time-saving strategy to optimize strength and aerobic capacity However, these exercises must be carefully designed and prescribed, as there are factors such as training intensity that greatly influence training adaptation. It seems that higher intensities of aerobic or resistance training, respectively, produce greater increases in aerobic fitness or neuromuscular adaptations such as strength (11). Although it has been suggested that higher resistance training loads should be combined with lower aerobic training intensities to further increase strength (11), both exercises have been reported to produce significant cardiometabolic gains, especially in simultaneous training (HIIT plus resistance training) (12). This performance improvement is also seen in functional training such as CrossFit, which is performed in an HIIT manner (13). In studies investigating the effect of combined training on oxidative stress, it has been shown that simultaneous training (independent of the training order) is an effective therapeutic method in modulating oxidative stress (14, 15). However, it has been reported that simultaneous training, despite its positive effects on improving the physical fitness of athletes, affects biomarkers of oxidative stress (16). Malondialdehyde (MDA) is a compound derived from lipid peroxidation. It is used as a biomarker to measure oxidative stress in various biological samples (17). MDA is the main and most studied product of polyunsaturated fatty acid peroxidation; it is investigated in clinical research as a biomarker related to oxidative stress (18, 19). On the other hand, the balancing of ROS is regulated by an antioxidant defense network to enable their physiological roles and reduce oxidative stress and disease (20, 21). Simultaneous training can be a suitable training approach to obtain adaptations resulting from exercise training (13, 30). However, high-intensity and high-volume training can elevate oxidative stress during exercise. On the other hand, the use of foods such as royal jelly may offer effective support for antioxidant defense mechanisms (31). Foods like royal jelly. The preservation of total antioxidant capacity (TAC) is vital for athlete well-being. Research exploring the effects of training paradigms and nutritional interventions, such as royal jelly, on biomarkers of oxidative stress and antioxidant capacity remains necessary. Considering the potential for simultaneous training (HIIT + resistance) to increase oxidative stress in female athletes, this research aims to determine if royal jelly intake, leveraging its antioxidant effects, can modulate biomarkers of oxidative stress and enhance total antioxidant status in this cohort.

Methods

This single-blind, quasi-experimental study involved 40 active girls aged 20-25 years with a body mass index (BMI) of 18-25 kg/m². Participants were randomly assigned to one of four equal groups: 1) supplement, 2) training + placebo, 3) training + supplement, and 4) placebo. The training protocol consisted of six weeks of concurrent training (high-intensity interval training and resistance training) in three sessions per week. The supplementation protocol involved the oral intake of a 1000 mg royal jelly capsule three times daily. Seventy-two hours following the final training session and supplement/placebo administration, post-test assessments included body composition analysis and blood sampling. A 5 mL fasting blood sample was drawn from the subjects' right brachial vein to measure total antioxidant capacity and serum MDA levels. Serum was separated via centrifugation and stored at -70°C for subsequent analysis. Total antioxidant capacity (TAC) was measured using the Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) assay, and malondialdehyde (MDA) levels were quantified via Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA). Paired sample t-tests and analysis of covariance were used to examine within-group and between-groups changes. Statistical analysis was performed using SPSS version 26 software, and the significance level was set at $\alpha = 0.05$.

Results

The results of paired t-tests indicated a statistically significant increase in total antioxidant capacity (TAC) in both the supplement group (p=0.001) and the exercise+supplement group (p=0.005) following the intervention period. However, no significant changes were observed in the exercise+placebo (p=0.812) or placebo groups (p=0.574). Regarding malondialdehyde (MDA)

levels, significant reductions were found in the exercise+placebo (p=0.001), supplement (p=0.003), and exercise+supplement groups (p=0.001), while no significant change occurred in the control group (p=0.103).

Analysis of covariance (ANCOVA) revealed significant between-group differences in both TAC and MDA levels (p<0.001) (Table 2). Post-hoc Bonferroni tests demonstrated that the exercise+supplement group showed a 0.06 mmol/L increase in TAC (p=0.004 vs placebo), while the supplement group alone exhibited a 0.04 mmol/L increase (p=0.001 vs placebo). Notably, the supplement group also showed significantly higher TAC compared to the exercise+placebo group (0.22 mmol/L, p=0.014).

For MDA levels, significant reductions were observed in the exercise+placebo (0.22 nmol/L, p=0.016), exercise+supplement (0.30 nmol/L, p=0.001), and supplement groups (0.30 nmol/L, p<0.001) when compared to the placebo group. However, no significant differences were found between the other intervention groups (Figure 2). These findings collectively demonstrate that while both exercise and royal jelly supplementation independently improved oxidative stress markers, their combination yielded the most pronounced antioxidant effects, particularly in enhancing total antioxidant capacity.

Conclusion

The findings of this study showed that simultaneous training (HIIT + resistance) did not negatively impact the antioxidant system or increase oxidative stress in female athletes. In fact, it appeared to reduce oxidative stress, as evidenced by a decrease in MDA levels observed in this study. Also, the results of our study indicated the positive effects of royal jelly on increasing antioxidant defense and reducing MDA. When comparing interventions, this study found that royal jelly supplementation positively increased TAC compared to the exercise + placebo group. However, no significant difference in MDA levels was observed between the intervention groups. Compared to the placebo group ($P < 0.01$), both the supplement and training+supplement groups showed a significant increase in TAC and a significant decrease in MDA. Furthermore, the supplement group exhibited a significantly greater increase in TAC compared to the training+placebo group ($P< 0.05$). No significant difference in MDA levels was found between the intervention groups ($P > 0.05$).

Ethical Considerations

All procedures performed in this study were conducted in accordance with the Helsinki Declaration on human research and the ethical principles approved by the Kharazmi University Ethics Committee. Participants were fully informed about the potential risks and benefits of the study, and written informed consent was obtained from all subjects prior to the initial assessments.

Funding

Not applicable.

Authors contributions

Saeideh Kargaran: Conceptualization and data collection.
Pezhman Motamedi: Contributed to conceptualization and manuscript writing. Sadegh Amani: Involved in data analysis and manuscript writing. All authors read and approved the final manuscript.

Conflicts of interest

The authors declare no conflict of interest regarding the publication of this article.

Acknowledgements

The authors sincerely appreciate the research unit of Kharazmi University for their support.

مجله علمی پزشکی
جنـــدی شـــاپور

مقاله پژوهشی

اثر مکمل‌یاری با ژل رویال خوراکی و تمرین ورزشی بر فراسنجه‌های مرتبط با دفاع آنتی‌اکسیدانی در دختران سالم فعال

سعیده کارگران اردکانی [۱]، پژمان معتمدی [۲*]، صادق امانی شلمزاری [۳]

۱. دانشجوی دکتری، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
۲. استادیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
۳. دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Kargaran Ardakani S, Motamedi P, Amani-Shalamzari S. [The Effect of Oral Royal Jelly Supplementation and Exercise Training on Antioxidant Defense-Related Parameters in Healthy Active Girls (Persian)]. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2025; 24(2): 141-152. 10.32592/jsmj.24.2.141

http://www.doi.org/10.32592/jsmj.24.2.141

چکیده

زمینه و هدف ژل رویال یک محصول طبیعی بسیار مغذی با پتانسیل بالایی به‌مثابه یک غذای ارتقادهنده سلامت است. هدف تحقیق حاضر تعیین اثر مصرف ژل خوراکی رویال و تمرین ورزشی به مدت شش هفته بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (TAC) و سطح مالون‌دی‌آلدهید سرمی (MDA) در دختران سالم فعال است.

روش بررسی در پژوهش نیمه‌تجربی حاضر که به‌صورت یک‌سوکور انجام شد، ۴۰ دختر فعال با دامنه سنی ۲۰ تا ۲۵ سال و شاخص توده بدنی ۱۸ تا ۲۵ کیلوگرم بر متر مربع به‌طور تصادفی به ۴ گروه مساوی ۱۰ نفره (۱- مکمل؛ ۲- تمرین+دارونما؛ ۳- تمرین+ مکمل و ۴- دارونما) تقسیم شدند. شیوه‌نامه تمرین شامل شش هفته تمرینات ترکیبی (تمرینات تناوبی شدت بالا و تمرین مقاومتی) در سه جلسه از هفته بود. مکمل نیز سه بار در روز به‌صورت یک کپسول ۱۰۰۰ میلی‌گرم ژل رویال مصرف شد. خونگیری در ۲۴ ساعت قبل و ۷۲ ساعت پس از مداخلات در حالت ناشتا انجام شد.

یافته‌ها افزایش معناداری در TAC و کاهش معناداری در MDA در گروه‌های مکمل و تمرین+مکمل نسبت به گروه دارونما مشاهده شد (p> ۰/۰۱)؛ همچنین افزایش TAC در گروه مکمل نسبت به گروه تمرین+دارونما معنادار بود (P >۰/۰۵) . تفاوت معناداری در MDA بین گروه‌های مداخله وجود نداشت (p<۰/۰۵)

نتیجه‌گیری براساس نتایج پژوهش حاضر، تمرینات ورزشی ترکیبی و ژل رویال، اثرات تقویت‌کننده بر دفاع آنتی‌اکسیدانی و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی در دختران فعال دارند.

کلیدواژه‌ها استرس اکسیداتیو، آنتی‌اکسیدان، تمرین ورزشی، رادیکال آزاد، ژل رویال

تاریخ دریافت:۲۴ شهریور ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۲ دی ۱۴۰۳

نویسنده مسئول:
پژمان معتمدی
نشانی: پژمان معتمدی: گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
تلفن: ۰۹۱۲۴۲۴۹۵۵۶
رایانامه: pezhman.motamedi@yahoo.com

مقدمه

تمرینات اینتروال با شدت بالا (HIIT) یکی از روش‌های تمرین است که بین ورزشکاران نخبه از محبوبیت فزاینده‌ای برخوردار است (۱). یکی از ویژگی‌های خاص HIIT ، فشار فیزیکی زیاد است که فقط برای مدت‌زمان محدودی اعمال می‌شود (۱). مطالعات قبلی رابطه قوی بین عملکرد عروق و آمادگی قلبی‌تنفسی را نشان داده است (۲). همچنین گزارش شده است که گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) ناشی از انقباض عضلات اسکلتی در طول تمرین می‌تواند سطح استرس اکسیداتیو را افزایش دهد و سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی را تقویت کند. اگرچه ROS ناشی از ورزش برای تولید نیروی طبیعی در عضلات اسکلتی مورد نیاز است، سطوح بالای ROS می‌تواند به اختلال عملکرد انقباضی کمک کند (۳). افزون‌براین، تجمع ROS در بدن به نوع ورزش، شدت تمرین و مدت زمان بستگی دارد؛ بنابراین، استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش ممکن است نقش مهمی در عملکردهای پاتوفیزیولوژیک عضلات اسکلتی ایفا کند (۴). اگرچه فعالیت بدنی باعث افزایش ROS در عضلات اسکلتی می‌شود؛ بااین‌حال تمرینات ورزشی منظم ممکن است سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی را تنظیم کنند (۵). بدن دارای سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی طبیعی است که به حفظ سطح ROS در حالت عادی کمک می‌کند، بااین‌حال، این سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌توانند تحت تأثیر قرار گیرند و باعث تجمع حاد ROS شناخته‌شده به‌مثابه استرس اکسیداتیو شوند. نبود تعادل بین استرس اکسیداتیو و سیستم آنتی‌اکسیدانی خود بدن در خستگی ناشی از ورزش، از دست دادن عملکرد با افزایش سن و چندین فرایند بیماری دخیل است که می‌تواند سلامت فرد را تحت تأثیر قرار دهد (۶).

تحقیق روی حیوانات آزمایشگاهی نشان داده است که شش هفته HIIT موجب کاهش استرس اکسیداتیو هیپوکامپ با کاهش لیپوپراکسیداسیون و نشانگرهای التهابی و همچنین افزایش دفاع آنتی‌اکسیدانی می‌شود (۷). همچنین گزاش شده است که چهار هفته HIIT عملکرد آمادگی جسمانی را بهبود می‌بخشد و پاسخ‌های التهابی و استرس اکسیداتیو سیستمیک را به یک دوره حاد HIIT در مردان و زنان کم‌تحرک تعدیل می‌کند؛ که نشان‌دهنده افزایش توان آنتی‌اکسیدانی در سازگاری به HIIT است (۸). ازطرف‌دیگر، ایجاد سطوح بالای قدرت و توان عضلانی برای موفقیت در ورزش مهم است و ممکن است پیامدهای بلندمدتی برای ورزش حرفه‌ای در ورزشکاران جوان داشته باشد که باید در برنامه‌های تمرینی و آماده‌سازی آن‌ها در نظر گرفته شود (۹, ۱۰). یک استراتژی تمرینی با توجه به محدودیت‌های زمان تمرین و همچنین اهداف تمرین، تمرین مقاومتی و هوازی همزمان برای بهینه‌سازی قدرت و عملکرد هوازی است (۱۱). بااین‌حال، این تمرینات باید به‌دقت طراحی و تجویز شود، زیرا عواملی مانند شدت تمرین وجود دارد که تأثیر زیادی بر سازگاری تمرین دارد. به نظر می‌رسد که شدت بیشتر تمرینات هوازی یا مقاومتی به‌ترتیب باعث افزایش بیشتر در آمادگی هوازی یا سازگاری های عصبی‌عضلانی مانند قدرت می‌شود (۱۱). اگرچه عنوان شده است که بارهای تمرین مقاومتی بالاتر باید با شدت تمرین هوازی کمتر برای افزایش قدرت بیشتر ترکیب شود (۱۱). باوجوداین، گزارش شده است که هر دو تمرین همزمان، دستاوردهای مهم قلبی‌متابولیک، به‌ویژه در تمرینات همزمان (HIIT به‌همراه تمرینات مقاومتی) را افزایش می‌دهند (۱۲). این بهبود عملکرد در تمرینات عملکردی مانند تمرینات کراس فیت که ازنظر شیوه اجرا به‌صورت HIIT انجام می‌شوند نیز دیده می‌شود (۱۳). در بررسی اثر تمرینات ترکیبی بر استرس اکسیداتیو گزارش شده است که تمرین همزمان (مستقل از ترتیب تمرین) یک روش درمانی مؤثر برای تعدیل استرس اکسیداتیو است (۱۴, ۱۵). بااین‌همه، گزارش شده است که تمرینات همزمان با وجود اثرات مثبت بر ارتقای آمادگی جسمانی ورزشکاران بر بیومارکرهای استرس اکسیدتیو اثر می‌گذارد (۱۶).

مالون دی آلدئید (MDA) ترکیبی است که از پراکسیداسیون لیپیدی به دست می‌آید. این ترکیب به‌مثابه یک نشانگر زیستی برای اندازه‌گیری استرس اکسیداتیو در نمونه‌های مختلف بیولوژیکی استفاده می‌شود (۱۷). MDA اصلی‌ترین و مورد مطالعه‌ترین محصول پراکسیداسیون اسیدهای چرب اشباع‌نشده است که در تحقیقات بالینی به‌مثابه یک بیومارکر مرتبط با استرس اکسیداتیو بررسی می‌شود (۱۸, ۱۹). ازطرفی‌دیگر متوازن کردن ROS با یک شبکه دفاعی آنتی‌اکسیدانی تنظیم می‌شود تا نقش‌های فیزیولوژیکی آن‌ها را امکان‌پذیر کند و استرس اکسیداتیو و بیماری را کاهش دهد (۲۰, ۲۱).

یک سیستم دفاعی پیچیده آنتی‌اکسیدانی از سلول‌ها در برابر استرس اکسیداتیو محافظت می‌کند (۲۲). بسیاری از مدل‌های بیولوژیکی، مدل‌های غذایی و سنجش‌های شیمیایی توسعه یافته‌اند که می‌توانند به‌مثابه آنتی‌اکسیدان‌های بیرونی موجب مهار اکسیداسیون کلی در سیستم‌های بیولوژیکی آنتی‌اکسیدانی بدن شوند (۲۱). برهمین‌اساس مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی به‌مثابه وسیله‌ای برای مقابله با استرس اکسیداتیو ورزش برای ورزشکاران به بازار عرضه و استفاده می‌شوند (۲۳). بیان شده است که برخی محصولات غذایی با اثرات آنتی‌اکسیدانی که دارند برای تقویت عملکرد سیستم ایمنی و سلامت مفید هستند (۲۴). یکی از این محصولات غذایی طبیعی ژل رویال است. ژل رویال از غدد زیرفکی زنبور عسل تولید می‌شود و حاوی ایزوفلاون‌ها، فلاونوئیدها، فنول‌ها و اسیدهای آمینه با اثرات آنتی‌اکسیدانی قوی است؛ همچنین بیان شده است که این محصول، اثرات مثبتی بر سلامت متابولیک دارد (۲۵). با توجه به اثرات آنتی‌اکسیدانی که ژل رویال دارد (۲۶, ۲۷)، انتظار می‌رود که این

ماده بتواند بر تعدیل استرس اکسیداتیو ناشی از تمرینات ورزشی مؤثر باشد. در این باره در تحقیقی مروری که به‌تازگی منتشر شده، گزارش شده است که مصرف ژل رویال موجب تعدیل سیتوکین‌های پیش‌التهابی و کاهش کراتین کیناز و همچنین بهبود عملکرد ورزشی می‌شود (۲۸). اوچیناکاو و همکاران (۲۰۲۲) نیز گزارش کرده‌اند که مصرف ژل رویال موجب کاهش کراتین کیناز در شناگران شده است (۲۹).

تمرینات همزمان می‌تواند یک رویکرد مناسب تمرینی به‌منظور کسب سازگاری‌های ناشی از تمرینات ورزشی باشد (۱۳, ۳۰). باوجوداین، استفاده از شدت‌های بالا در تمرینات و حجم بالای تمرینات ممکن است منجر به افزایش استرس اکسیداتیو در این تمرینات شود. ازطرف‌دیگر، استفاده از مواد غذایی مانند ژل رویال می‌تواند بر دفاع آنتی‌اکسیدانی مؤثر باشد (۳۱). با توجه به اهمیت حفظ ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (TAC) ، به‌منظور حفظ سلامت ورزشکاران، بررسی تحقیقات مداخله‌ای براساس نوع تمرینات و همچنین عوامل تغذیه‌ای مانند ژل رویال بر بیومارکرهای استرس اکسیداتیو و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ضرورت دارد. با توجه به مطالب گفته‌شده با این فرض که یک دوره تمرینات همزمان (HIIT+مقاومتی) موجب افزایش استرس اکسیداتیو در دختران ورزشکار می‌شود؛ این سؤال بیان شده است که آیا مصرف ژل رویال به‌دلیل داشتن اثرات آنتی‌اکسیدانی، می‌تواند بر بیومارکرهای مرتبط با استرس اکسیداتیو و وضعیت آنتی‌اکسیدانی تام دختران ورزشکار مؤثر باشد یا خیر. فرض ما بر این است که مصرف همزمان مکمل ژل رویال با تمرینات ورزشی اثرات مضاعف بر کاهش شاخص‌های استرس اکسیداتیو دارد.

روش بررسی

طرح پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی، یک‌سوکور همراه با پیش‌آزمون- پس‌آزمون بود. جامعه پژوهش حاضر را دختران فعال تشکیل می‌داد که سطح کافی از فعالیت ورزشی را در طول هفته داشتند. دراین‌میان ۴۰ دختر با دامنه سنی ۲۰ تا ۲۵ سال با در نظر گرفتن معیارهای ورود به پژوهش حاضر، شامل دارا بودن سطح کافی از فعالیت جسمانی در هفته، نداشتن بیماری خاصی ازجمله دیابت نوع ۲ و بیماری قلبی‌عروقی، داشتن شاخص توده بدنی (BMI) مطلوب (۱۸ تا ۲۵ کیلوگرم/ مجذور قد به متر)، نداشتن سابقه استعمال دخانیات، مصرف نکردن مکمل یا داروی خاص که احتمالاً بتواند در نتیجه پژوهش حاضر خللی ایجاد کند، به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. سپس در یک جلسه توجیهی تمام اهداف و دستورالعمل‌های لازم اجرایی به داوطلبان تشریح شد و سپس پرسش‌نامه مربوط به شرکت داوطلبانه در پژوهش حاضر و سلامت پزشکی ازطریق آن‌ها تکمیل شد.

در مرحله پیش‌آزمون، متغیرهای تن‌سنجی و همچنین خونگیری به‌صورت ناشتا انجام شد. شاخص‌های مربوط به ترکیب بدنی شامل وزن، قد و شاخص توده بدن و شاخص‌های TAC و MDA اندازه‌گیری شدند.

برای برنامه‌ریزی تمرینات، آزمون هوازی فزاینده و قدرت عضلانی آزمودنی‌ها جهت برآورد حداکثر توانایی ورزشی آن‌ها انجام شد. سپس هرکدام از گروه‌ها به مدت شش هفته تحت مداخله‌های مختلف قرار گرفتند. روند مکمل‌سازی ژل رویال به این صورت بود که آزمودنی‌های گروه مکمل، سه بار در روز یک کپسول ۱۰۰۰ میلی‌گرم ژل رویال را به مدت شش هفته دریافت کردند (۳۲). شیوه‌نامه تمرینی بدین صورت بود که آزمودنی‌های گروه تمرین، شش هفته با تواتر سه جلسه تمرین در هفته، تمرینات ترکیبی شامل تمرینات + HIIT مقاومتی را انجام دادند. در هر جلسه از تمرین، پس از ۵ دقیقه گرم کردن، سه تناوب تمرین سه‌دقیقه‌ای دویدن با شدت ۹۰_۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب با استراحت فعال با شدت ۶۰_۵۵ درصد حداکثر ضربان قلب انجام شد. سپس تمرینات مقاومتی که شامل تمرینات با وزنه بود با ۲ ست ۱۵_۱۰ تکرار و شدت ۷۰_۶۰ درصد یک تکرار بیشینه اجرا شد؛ درنهایت ۵ دقیقه سرد کردن برای برگشت به حالت اولیه اجرا شد (۱۲).

در پس‌آزمون که ۷۲ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی و مصرف مکمل یا دارونما انجام شد، شاخص‌های ترکیب بدنی و خون‌گیری انجام شد. برای اندازه‌گیری سطح آنتی‌اکسیدانی تام و MDA سرمی، به مقدار ۵ سی‌سی نمونه خونی از ورید بازویی دست راست آزمودنی‌ها در حالت ناشتا گرفته شد. پس از جداسازی سرم از نمونه‌های خونی با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ، نمونه سرم در دمای منفی ۷۰ نگهداری شد. سطح TAC به روش FARP و سطح MDA به روش الایزا اندازه‌گیری شد.

از آزمون شاپیرویلک جهت بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها، آزمون لون جهت بررسی تجانس واریانس‌ها و آزمون تحلیل کواریانس و آزمون‌های تعقیبی بونفرونی جهت بررسی آزمون فرضیه‌ها استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام شد و سطح معناداری α=۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

جدول ۱ مربوط به مشخصات دموگرافیک و متغیرهای اندازه‌گیری‌شده در گروه‌های مورد مطالعه است.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از آزمون تی وابسته افزایش معناداری در TAC در گروه‌های مکمل (P=۰/۰۰۱) و تمرین+ مکمل (P=۰/۰۰۵) پس از مداخله تمرین مشاهده شد؛ ولی تفاوت معناداری در گروه تمرین+دارونما (P=۰/۸۱۲) و دارونما (P=۰/۵۷۴) مشاهده نشد. همچنین کاهش معناداری در سطح MDA در گروه‌های تمرین+دارونما (P=۰/۰۰۱)، مکمل (P=۰/۰۰۳) و تمرین+مکمل (P=۰/۰۰۱) پس از دوره مداخله مشاهده شد ولی تفاوت معناداری در گروه کنترل (P=۰/۱۰۳) مشاهده نشد (جدول ۲).

در بررسی تغییرات بین گروهی نتایج تحلیل کواریانس (جدول ۲) نشان داد که تفاوت معناداری در سطوح TAC و MDA بین گروه‌های تحقیق وجود داشت (P>۰/۰۰۱).

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از آزمون تعقیبی بونفرونی (جدول ۳)، افزایش TAC در گروهای تمرین+مکمل (۰/۰۶ میلی‌مول بر لیتر) و مکمل (۰/۰۴ میلی‌مول بر لیتر) نسبت به گروه دارونما معنادار بود (به‌ترتیب: P=۰/۰۰۴؛ P=۰/۰۰۱). همچنین افزایش TAC در گروه مکمل نسبت به گروه تمرین+دارونما (۰/۲۲ میلی‌مول بر لیتر) معنادار بود (P=۰/۰۱۴)، (نمودار ۱). کاهش MDA در گروه‌های تمرین+دارونما (۰/۲۲ نانومول بر لیتر)، تمرین+مکمل(۰/۳۰ نانومول بر لیتر) و مکمل(۰/۳۰ نانومول بر لیتر) نسبت به گروه دارونما معنادار بود(به‌ترتیب: P=۰/۰۱۶؛ P=۰/۰۰۱؛ P<۰/۰۰۱)؛ ولی تفاوت معناداری بین سایر گروه‌ها مشاهده نشد (نمودار ۲).

جدول ۱. مشخصات مربوط به سن، قد، وزن و شاخص توده بدن آزمودنی‌ها

گروه	تمرین+دارونما	مکمل	تمرین+مکمل	دارونما
سن (سال)	۲۳/۴۰ ± ۲/۵۵	۲۲/۹۰ ± ۱/۹۱	۲۲/۸۰ ± ۱/۹۸	۲۳/۰۰ ± ۱/۵۶
قد (متر)	۱/۶۱ ± ۰/۰۴	۱/۶۱ ± ۰/۰۶	۱/۶۱ ± ۰/۰۷	۱/۶۱ ± ۰/۰۴
وزن پیش (کیلوگرم)	۵۵/۷۷ ± ۳/۴۷	۵۶/۰۶ ± ۳/۶۴	۵۸/۲۳ ± ۴/۷۵	۵۷/۱۱ ± ۴/۲۰
وزن بعد (کیلوگرم)	۵۵/۳۴ ± ۳/۴۵	۵۶/۲۸ ± ۴/۰۸	۵۷/۹۵ ± ۴/۴۸	۶۴/۷۸ ± ۹/۶۴
شاخص توده بدن (قبل)	۲۱/۳۷ ± ۰/۶۶	۲۱/۶۷ ± ۱/۶۱	۲۲/۲۶ ± ۱/۹۷	۲۲/۰۶ ± ۱/۵۸
شاخص توده بدن (بعد)	۲۱/۲۱ ± ۰/۷۹	۲۱/۷۶ ± ۱/۹۵	۲۲/۱۶ ± ۱/۹۳	۲۲/۴۸ ± ۱/۸۶

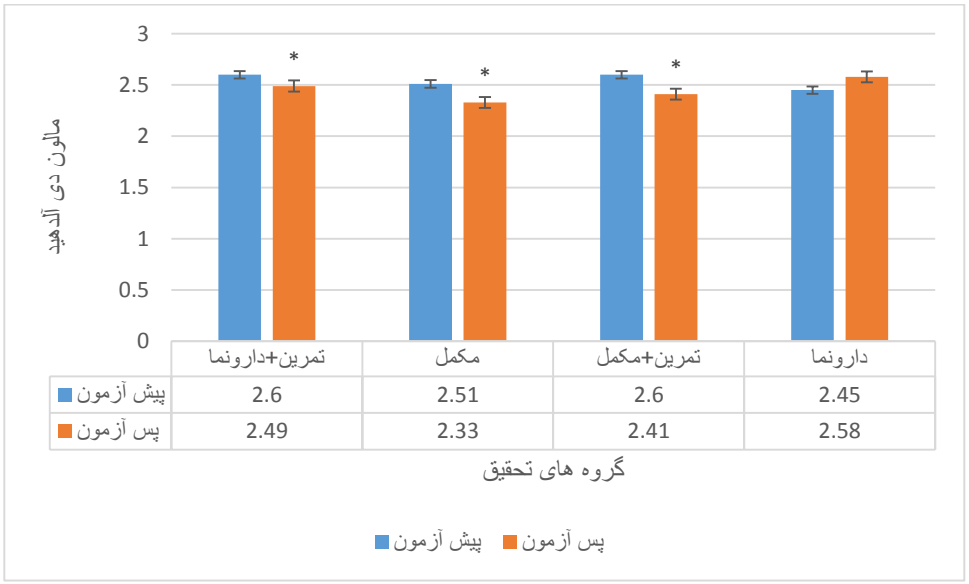
جدول ۲. نتایج تغییرات ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام و مالون‌دی‌آلدهید

متغیرها	گروه	تغییرات درون‌گروهی		تغییرات بین‌گروهی			
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون	t	P	F	P	مربع اتای جزئی
ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (میلی‌مول بر لیتر)	تمرین+دارونما	۱/۶۳ ± ۰/۲۴	۱/۶۴ ± ۰/۲۲	-۰/۲۴۴	۰/۸۱۲	۸/۹۶۰	<۰/۰۰۱	۰/۴۳۴
	مکمل	۱/۵۳ ± ۰/۲۷	۱/۷۲ ± ۰/۱۸	-۵/۲۲۶	۰/۰۰۱			
	تمرین+مکمل	۱/۵۵ ± ۰/۲۷	۱/۷۰ ± ۰/۲۹	-۳/۷۵۰	۰/۰۰۵			
	دارونما	۱/۴۸ ± ۰/۲۴	۱/۴۶ ± ۰/۲۰	۰/۵۸۳	۰/۵۷۴			
مالون دی آلدهید (نانومول بر لیتر)	تمرین+دارونما	۲/۶۰ ± ۰/۲۲	۲/۴۹ ± ۰/۲۱	۴/۷۱۴	۰/۰۰۱	۸/۸۹۶	<۰/۰۰۱	۰/۴۳۳
	مکمل	۲/۵۱ ± ۰/۲۵	۲/۳۳ ± ۰/۲۵	۴/۰۷۰	۰/۰۰۳			
	تمرین+مکمل	۲/۶۰ ± ۰/۳۹	۲/۴۱ ± ۰/۳۱	۴/۶۷	۰/۰۰۱			
	دارونما	۲/۴۵ ± ۰/۳۱	۲/۵۸ ± ۰/۳۹	-۱/۸۱۶	۰/۱۰۳			

جدول ۳. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی

گروه ۱	گروه ۲	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام		مالون دی‌آلدهید	
		اختلاف میانگین	سطح معناداری	اختلاف میانگین	سطح معناداری
تمرین+دارونما	مکمل	-۰/۱۶۱	۰/۰۱۴	۰/۰۸۲	۱/۰۰
	تمرین+مکمل	۰/۱۲۱	۰/۱۱۳	۰/۰۸۰	۱/۰۰
	دارونما	-۰/۰۶۱	۱/۰۰	-۰/۲۲۰	۰/۰۱۶
مکمل	تمرین+مکمل	۰/۰۴۰	۱/۰۰	-۰/۰۰۲	۱/۰۰
	دارونما	-۰/۲۲۲	۰/۰۰۱	-۰/۳۰۲	<۰/۰۰۱
تمرین+مکمل	دارونما	-۰/۱۸۲	۰/۰۰۴	-۰/۳۰۰	۰/۰۰۱

نمودار ۱. تغییرات TAC در گروه‌های تحقیق؛ *: تفاوت معنادار نسبت به گروه دارونما؛ #: تفاوت معنادار نسبت به گروه تمرین+دارونما



نمودار ۲. تغییرات MDA در گروه‌های تحقیق؛ *: تفاوت معنادار نسبت به گروه دارونما

بحث

در گروه تمرین+دارونما تفاوت معناداری در TAC سرمی آزمودنی‌ها مشاهده نشد، بااین‌حال، کاهش معناداری در سطح MDA نسبت به مقادیر پایه و گروه دارونما مشاهده شد. عزتی و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی با هدف بررسی تأثیر تمرین همزمان بر بیومارکرهای استرس اکسیداتیو در زنان چاق کم‌تحرک، گزارش کردند که دوازده هفته مداخله تمرینی باعث کاهش معنادار MDA و افزایش TAC در زنان چاق می‌شود (۱۴)؛ که با تغییرات MDA در تحقیق حاضر همسو بود. T ولی با تغییرات TAC در تحقیق ما ناهمسو بود. می‌توان علت اختلاف در نتایج TAC را به تفاوت در شرایط آزمودنی‌ها ازجمله ترکیب بدنی و همچنین سطح فعالیت بدنی پایه نسبت داد چون در تحقیق ما از دختران فعال به‌مثابه نمونه تحقیق استفاده شده بود. با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر می‌توان گفت که تمرینات همزمان بدون تغییر در TAC موجب کاهش استرس لیپیدی و درنتیجه کاهش MDA می‌شود و احتمالاً این کاهش MDA در ارتباط با سایر متغیرهای آنتی‌اکسیدانی ازجمله آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی باشد.

سلول‌ها به‌طور مداوم رادیکال‌های آزاد و ROS را به‌مثابه بخشی از فرایندهای متابولیک تولید می‌کنند. این رادیکال‌های آزاد را یک سیستم دفاعی پیچیده آنتی‌اکسیدانی متشکل از آنزیم‌هایی مانند کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون‌پراکسیداز و آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی متعدد خنثی می‌کنند (۲۳). استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش، عامل مهمی برای تصمیم‌گیری درباره فواید و پیامدها ازجمله تنظیم مسیرهای سیگنالینگ یا عمل به‌مثابه یک مولکول سیگنال، بیوژنز و ایجاد آسیب به سلول‌ها است (۳۳). گزارش شده است که تمرینات مقاومتی با کاهش عواقب ناشی از استرس اکسیداتیو عملکرد عضلانی را ارتقا می‌دهند (۳۴). نتایج تحقیق حاضر نیز نشان داد که تمرین همزمان در تحقیق حاضر که بخش دوم آن تمرینات مقاومتی بود، موجب کاهش MDA به‌مثابه یک شاخص استرس اکسیداتیو در دختران ورزشکار می‌شود. ترکیب‌های مختلف تمرین مقاومتی با تمرینات HIIT تأثیر مثبتی در مبارزه با آسیب‌های ناشی از استرس اکسیداتیو دارد و این می‌تواند به‌دلیل وضعیت تمرینی فرد باشد. برخی از مطالعات گزارش کرده‌اند که شرایط ورزشی خوب تمرین‌شده حتی می‌تواند بر آسیب اکسیداتیو ناشی از شدت بالا در هر دو ورزش هوازی و مقاومتی غلبه کند (۳۵, ۳۶). اگرچه افزایش شدت ورزش، تعادل ردوکس را به نفع استرس اکسیداتیو تغییر می‌دهد، این وضعیت برای سازگاری اولیه ضروری است و از مفهوم درانگیختن ناشی از ورزش حمایت می‌کند. تمرینات با شدت بالاتر در مقایسه با شدت کم و متوسط، بدون تغییر در پراکسیداسیون لیپیدی، ظرفیت کل آنتی‌اکسیدانی را افزایش می‌دهد (۳۷). بااین‌حال، در تحقیق حاضر تفاوت معناداری در TAC مشاهده نشد که احتمالاً به‌خاطر سطح آمادگی جسمانی پایه آزمودنی‌ها باشد.

از دیگر یافته‌های تحقیق حاضر، یافتن اثر مثبت مصرف ژل رویال بر افزایش TAC سرمی در گروه مکمل است. تحقیق روی نمونه‌های حیوانی نشان داده است که مصرف ژل رویال موجب افزایش سطوح فعالیت آنتی‌اکسیدانی در کبد و کلیه می‌شود (۳۸). ازنظر مکانیسمی، ژل رویال با تقویت فعالیت آنتی‌اکسیدانی از آسیب اکسیداتیو سلولی جلوگیری می‌کند (۳۹). نتایج تحقیق ما نیز نشان داد که در گروه مکمل کاهش معناداری در سطح MDA نسبت به مقادیر پایه و گروه دارونما مشاهده شد. در این باره گزارش شده است که مصرف ژل رویال با کاهش سطح پراکسیداسیون، یک اثر محافظتی درخور توجهی نسبت به کبد و کلیه ایجاد می‌کند (۴۰). گزارش شده است که مصرف ژل رویال با دوز ۴۵۰۰ میلی‌گرمی تأثیر مثبتی بر کاهش استرس اکسیداتیو، شدت درد و سطح MDA پس از تمرین با وزنه با شدت بالا دارد (۴۱). در تحقیق ما دوز مصرفی ۱۰۰۰ میلی‌گرمی در سه وعده در روز استفاده شد (۳۰۰۰ میلی‌گرم در روز)؛ می‌توان گفت که استفاده از ژل رویال با دوز مناسب اثر مثبتی بر کاهش استرس اکسیداتیو دارد و در نتیجه باعث کاهش سطح MDA ناشی از جلسات تمرین شده است. همچنین نتایج تحقیق ما نشان داد که افزودن مکمل ژل رویال در کنار تمرینات ورزشی موجب افزایش TAC سرمی و همچنین کاهش MDA شد. یافته‌های ما با نتایج آنوگرا و همکاران همسو است (۴۱). در تحقیقی گزارش شده است که ژل رویال آسیب عضلانی را ازطریق کاهش کراتین کیناز کاهش می‌دهد، عملکرد عضلات را بهبود می‌بخشد و با اثرات آنتی‌اکسیدانی که دارد موجب تعدیل سیتوکین‌های پیش‌التهابی مانند TNF-a، IL-6 و IL-8 می‌شود (۲۸). پورشامحمد و همکاران بیان کرده‌اند که اثرات محافظتی ژل رویال را می‌توان به فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محافظت سلولی این ماده مرتبط دانست (۴۲) که می‌تواند توجیه‌کننده کاهش سطح MDA در تحقیق حاضر باشد.

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمرینات همزمان (HIIT +مقاومتی) اثر منفی بر سیستم آنتی‌اکسیدانی و استرس اکسیداتیو ندارد و حتی موجب کاهش استرس اکسیداتیو در دختران ورزشکار می‌شود که در تحقیق حاضر به‌صورت کاهش MDA مشاهده شد. همچنین نتایج تحقیق پیش رو نشان‌دهنده اثرات مثبت ژل رویال بر افزایش دفاع آنتی‌اکسیدانی و همچنین کاهش MDA بود. در مقایسه بین روش‌های مداخله نتایج تحقیق حاضر، نقش مثبت ژل رویال را بر افزایش TAC نسبت به گروه تمرین+دارونما نشان داد؛ بااین‌حال تفاوتی بین روش‌های مداخله بر MDA مشاهده نشد.

ملاحظات اخلاقی

تمامی روش‌های انجام‌شده در این مطالعه، براساس بیانیه هلسینکی درباره تحقیقات انسانی و رعایت اصول اخلاقی کمیته اخلاق دانشگاه خوارزمی انجام شد. به شرکت‌کنندگان درباره مزایا و خطرات مطالعه توضیح داده شد و رضایت‌نامه کتبی از آن‌ها قبل از ارزیابی‌های اولیه گرفته شد.

حامی مالی

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه خوارزمی صورت گرفت.

مشارکت نویسندگان

سعیده کارگران ایده‌پردازی و جمع‌آوری داده را انجام داد؛ پژمان معتمدی در ایده پردازی و نگارش مقاله نقش داشت؛ صادق امانی نیز در تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و نگارش مقاله نقش داشت. همه نویسندگان مقاله را خوانده و تأیید کرده‌اند.

تعارض منافع

هیچ‌کدام از نویسندگان مقاله، تعارض منافعی برای انتشار آن ندارند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب تشکر صمیمانه خود را از واحد پژوهشی دانشگاه خوارزمی و همچنین آزمودنی‌ها اعلام می‌کنند.

References

[1] Wahl P, Bloch W, Proschinger S. The molecular signature of high-intensity training in the human body. International journal of sports medicine. 2022 Mar;43(03):195-205. [10.1055/a-1551-9294] [PMID]

[2] Ramos JS, Dalleck LC, Tjonna AE, Beetham KS, Coombes JS. The impact of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on vascular function: a systematic review and meta-analysis. Sports medicine. 2015 May;45:679-92. [10.1007/s40279-015-0321-z] [PMID]

[3] 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 Dec 2;53(11-12):1155-65. [10.1080/10715762.2019.1697438] [PMID]

[4] Wang F, Wang X, Liu Y, Zhang Z. Effects of exercise-induced ROS on the pathophysiological functions of skeletal muscle. Oxidative medicine and cellular longevity. 2021;2021(1):3846122. [10.1155/2021/3846122] [PMID]

[5] Azizbeigi K, Stannard SR, Atashak S, Haghighi MM. Antioxidant enzymes and oxidative stress adaptation to exercise training: Comparison of endurance, resistance, and concurrent training in untrained males. Journal of exercise science & fitness. 2014 Jun 1;12(1):1-6.

[6] Park SY, Kwak YS. Impact of aerobic and anaerobic exercise training on oxidative stress and antioxidant defense in athletes. Journal of exercise rehabilitation. 2016 Apr 26;12(2):113. [10.12965/jer.1632598.299] [PMID]

[7] Freitas DA, Soares BA, Nonato LF, Fonseca SR, Martins JB, Mendonça VA, Lacerda AC, Massensini AR, Poortamns JR, Meeusen R, Leite HR. High intensity interval training modulates hippocampal oxidative stress, BDNF and inflammatory mediators in rats. Physiology & behavior. 2018 Feb 1;184:6-11. [10.1016/j.physbeh.2017.10.027] [PMID]

[8] Zwetsloot KA, Nieman DC, Knab A, John CS, Lomiwes DD, Hurst RD, Gillitt ND, Lila MA. Effect of 4 weeks of high-intensity interval training on exercise performance and markers of inflammation and oxidative stress. The FASEB journal. 2017 Apr;31:839-1.

[9] McQuilliam SJ, Clark DR, Erskine RM, Brownlee TE. Free-weight resistance training in youth athletes: a narrative review. Sports Medicine. 2020 Sep;50(9):1567-80. [10.1007/s40279-020-01307-7] [PMID]

[10] Schoenfeld B, Fisher J, Grgic J, Haun C, Helms E, Phillips S, Steele J, Vigotsky A. Resistance training recommendations to maximize muscle hypertrophy in an athletic population: Position stand of the IUSCA. International Journal of Strength and Conditioning. 2021 Aug 16;1(1).

[11] Sousa AC, Neiva HP, Izquierdo M, Cadore EL, Alves AR, Marinho DA. Concurrent training and detraining: brief review on the effect of exercise intensities. International journal of sports medicine. 2019 Nov;40(12):747-55. [10.1055/a-0975-9471] [PMID]

[12] Da Silva MA, Baptista LC, Neves RS, De França E, Loureiro H, Lira FS, Caperuto EC, Veríssimo MT, Martins RA. The effects of concurrent training combining both resistance exercise and high-intensity interval training or moderate-intensity continuous training on metabolic syndrome. Frontiers in physiology. 2020 Jun 11;11:572. [10.3389/fphys.2020.00572] [PMID]

[13] Schlegel P. CrossFit® training strategies from the perspective of concurrent training: A systematic review. Journal of sports science & medicine. 2020 Nov 19;19(4):670. [PMID]

[14] Ezzati A, Atashak S, Bonab RR. The effect of concurrent training order on oxidative stress biomarkers in sedentary obese women.

[15] Ranjbar N, Marandi SM, Namayandeh SM, Mirhosseini J, Ghanbery M. Comparison of Different Time Course of Concurrent Training on Lipid Profile and Total Antioxidant in Cardiac Patients. SSU_Journals. 2022 Dec 15;30(9):5236-47.

[16] Radovanovic D, Bratic M, Nurkic M, Cvetkovic T, Ignjatovic A, Aleksandrovic M. Oxidative stress biomarker response to concurrent strength and endurance training. Gen Physiol Biophys. 2009 Jan 1;28(Special Issue):205-11.[PMID]

[17] Cordiano R, Di Gioacchino M, Mangifesta R, Panzera C, Gangemi S, Minciullo PL. Malondialdehyde as a potential oxidative stress marker for allergy-oriented diseases: an update. Molecules. 2023 Aug 9;28(16):5979. [10.3390/molecules28165979] [PMID]

[18] Del Rio D, Stewart AJ, Pellegrini N. A review of recent studies on malondialdehyde as toxic molecule and biological marker of oxidative stress. Nutrition, metabolism and cardiovascular diseases. 2005 Aug 1;15(4):316-28. [10.1016/j.numecd.2005.05.003] [PMID]

[19] Demirci-Çekiç S, Özkan G, Avan AN, Uzunboy S, Çapanoğlu E, Apak R. Biomarkers of oxidative stress and antioxidant defense. Journal of pharmaceutical and biomedical analysis. 2022 Feb 5;209:114477. [10.1016/j.jpba.2021.114477] [PMID]

[20] Halliwell B. Understanding mechanisms of antioxidant action in health and disease. Nature Reviews Molecular Cell Biology. 2024 Jan;25(1):13-33. [10.1038/s41580-023-00645-4] [PMID]

[21] Chaudhary P, Janmeda P, Docea AO, Yeskaliyeva B, Abdull Razis AF, Modu B, Calina D, Sharifi-Rad J. Oxidative stress, free radicals and antioxidants: Potential crosstalk in the pathophysiology of human diseases. Frontiers in chemistry. 2023 May 10;11:1158198. [10.3389/fchem.2023.1158198] [PMID]

[22] Jomova K, Raptova R, Alomar SY, Alwasel SH, Nepovimova E, Kuca K, Valko M. Reactive oxygen species, toxicity, oxidative stress, and antioxidants: Chronic diseases and aging. Archives of toxicology. 2023 Oct;97(10):2499-574. [10.1007/s00204-023-03562-9] [PMID]

[23] Urso ML, Clarkson PM. Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. Toxicology. 2003 Jul 15;189(1-2):41-54. [10.1016/s0300-483x(03)00151-3] [PMID]

[24] Lee JS, Hong EK. Immunostimulating activity of the polysaccharides isolated from Cordyceps militaris. International immunopharmacology. 2011 Sep 1;11(9):1226-33. [10.1016/j.intimp.2011.04.001] [PMID]

[25] Ali AM, Kunugi H. Apitherapy for age-related skeletal muscle dysfunction (sarcopenia): A review on the effects of royal jelly, propolis, and bee pollen. Foods. 2020 Sep 25;9(10):1362. [10.3390/foods9101362] [PMID]

[26] Qiu W, Chen X, Tian Y, Wu D, Du M, Wang S. Protection against oxidative stress and anti-aging effect in Drosophila of royal jelly-collagen peptide. Food and Chemical Toxicology. 2020 Jan 1;135:110881. [10.1016/j.fct.2019.110881] [PMID]

[27] Ali AM, Kunugi H. The effects of royal jelly acid, 10-hydroxy-trans-2-decenoic acid, on neuroinflammation and oxidative stress in astrocytes stimulated with lipopolysaccharide and hydrogen peroxide. Immuno. 2021 Jul 12;1(3):212-22.

[28] Anugrah SM, Kusnanik NW, Wahjuni ES, Ayubi N, Mulyawan R. Effect of royal jelly on performance and inflammatory response to muscle damage: A systematic review. Biointerface Research in Applied Chemistry. 2023;13(5):6-13.

[29] Ovchinnikov AN, Paoli A, Seleznev VV, Deryugina AV. Royal jelly plus coenzyme Q10 supplementation improves high-intensity interval exercise performance via changes in plasmatic and

salivary biomarkers of oxidative stress and muscle damage in swimmers: a randomized, double-blind, placebo-controlled pilot trial. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2022 Dec 31;19(1):239-57. [10.1080/15502783.2022.2086015] [PMID]
[30] Seipp D, Quittmann OJ, Fasold F, Klatt S. Concurrent training in team sports: A systematic review. International Journal of
[31] Sports Science & Coaching. 2023 Aug;18(4):1342-64.
[32] Collazo N, Carpena M, Nuñez-Estevez B, Otero P, Simal-Gandara J, Prieto MA. Health promoting properties of bee royal jelly: Food of the queens. Nutrients. 2021 Feb 7;13(2):543. [10.3390/nu13020543] [PMID]
[33] Khoshpey B, Djazayeri S, Amiri F, Malek M, Hosseini AF, Hosseini S, Shidfar S, Shidfar F. Effect of royal jelly intake on serum glucose, apolipoprotein AI (ApoA-I), apolipoprotein B (ApoB) and ApoB/ApoA-I ratios in patients with type 2 diabetes: a randomized, double-blind clinical trial study. Canadian journal of diabetes. 2016 Aug 1;40(4):324-8. [10.1016/j.jcjd.2016.01.003] [PMID]
[34] Powers SK, Deminice R, Ozdemir M, Yoshihara T, Bomkamp MP, Hyatt H. Exercise-induced oxidative stress: Friend or foe?. Journal of sport and health science. 2020 Sep 1;9(5):415-25. [10.1016/j.jshs.2020.04.001] [PMID]
[35] Thirupathi A, Pinho RA. Effects of reactive oxygen species and interplay of antioxidants during physical exercise in skeletal muscles. Journal of Physiology and Biochemistry. 2018 Aug;74:359-67. [10.1007/s13105-018-0633-1] [PMID]
[36] Park SY, Kwak YS. Impact of aerobic and anaerobic exercise training on oxidative stress and antioxidant defense in athletes. Journal of exercise rehabilitation. 2016 Apr 26;12(2):113. [10.12965/jer.1632598.299] [PMID]
[37] Paes L, Lima D, Matsuura C, de Souza MD, Cyrino F, Barbosa C, Ferrão F, Bottino D, Bouskela E, Farinatti P. Effects of moderate and high intensity isocaloric aerobic training upon microvascular reactivity and myocardial oxidative stress in rats. PloS one. 2020 Feb 7;15(2):e0218228. [10.1371/journal.pone.0218228] [PMID]
[38] Schneider CD, Barp J, Ribeiro JL, Belló-Klein A, Oliveira AR. Oxidative stress after three different intensities of running. Canadian journal of applied physiology. 2005 Dec 1;30(6):723-34. [10.1139/h05-151] [PMID]
[39] Chi X, Liu Z, Wang H, Wang Y, Wei W, Xu B. Royal jelly enhanced the antioxidant activities and modulated the gut microbiota in healthy mice. Journal of food biochemistry. 2021 May;45(5):e13701.
[42] Wen D, Xie J, Yuan Y, Shen L, Yang Y, Chen W. The endogenous antioxidant ability of royal jelly in Drosophila is independent of Keap1/Nrf2 by activating oxidoreductase activity. Insect science. 2024 Apr;31(2):503-23.
[43] Karadeniz A, Simsek N, Karakus E, Yildirim S, Kara A, Can I, Kisa F, Emre H, Turkeli M. Royal jelly modulates oxidative stress and apoptosis in liver and kidneys of rats treated with cisplatin. Oxidative medicine and cellular longevity. 2011;2011(1):981793. [10.1155/2011/981793] [PMID]
[44] Anugrah SM, Kusnanik NW, Wahjuni ES, Resmana D, Zubaida I, Aqobah QJ, Nuryadin A, Rahayu A. Evaluating the impact of three dosages of royal jelly supplement on malondialdehyde levels and pain intensity following high-intensity weight training. Fizjoterapia Polska. 2024 Mar 1(2).
[45] Poorshamohammad C, Hashemnia M, Nikoosafat Z. Gastroprotective and Antioxidant Effects of Royal Jelly on Ethanol-Induced Gastric Ulcer in Rats. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2024;34(231):47-53.

[40]

[41]

Authors retain the copyright and full publishing rights.
Published by ahvaz jundishapur university of medical science. This article is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).