Research in Exercise Nutrition
Year 2026, Volume 4, Issue 4, Pages 1-16

Original Article

https://researchinexercisenutrition.com

https://doi.org/10.22034/ren.2026.144445.1127

The Effect of Acute Caffeine Consumption on Hemorheological and Antioxidant Responses to a High-Intensity Interval Training Session in Overweight Women

Shahin Ketabi[1]✉, Mojgan Ketabollahi[1], Bayan Feyzi[1], Hasti Ghasem Karimi[1]

Received: 2025/11/11 **Accepted: 2026/02/17**

Abstract

Aim: The present study aimed to investigate the acute effect of caffeine ingestion prior to a single session of high-intensity interval training (HIIT) on hemorheological responses and oxidative stress markers in overweight women

Method: In a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial with a parallel design, forty-five overweight women (BMI: 25–30 $kg \cdot m^{-2}$, aged 25–35 years) were randomly assigned to three groups: HIIT with caffeine (6 $mg \cdot kg^{-1}$ body mass), HIIT with placebo, and a control group. Caffeine or placebo capsules were consumed 60 minutes before a single HIIT session (4×4 min at 85–90% HR_max with active recovery). Venous blood samples were collected at baseline and immediately post-exercise. Plasma viscosity, fibrinogen, total antioxidant capacity (TAC), and malondialdehyde (MDA) were measured. Data were analyzed using a mixed-model ANOVA (3 groups × 2 time points).

Results: A significant group × time interaction was observed for plasma viscosity, fibrinogen, and TAC ($p<0.05$). Plasma viscosity and fibrinogen significantly decreased, while TAC significantly increased following exercise only in the caffeine-HIIT group ($p<0.05$). No significant changes were observed in the placebo-HIIT or control groups. MDA levels did not change significantly in any group ($p>0.05$).

Conclusion: Acute caffeine ingestion prior to a single HIIT session improves hemorheological parameters and enhances antioxidant capacity without increasing lipid peroxidation in overweight women. These findings suggest that caffeine may serve as a short-term nutritional strategy to support vascular and oxidative responses during high-intensity exercise.

Keywords: Caffeine; High-Intensity Interval Training; Plasma Viscosity; Fibrinogen; Total Antioxidant Capacity; Malondialdehyde; Oxidative Stress.

[1] Department of Physical Education, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Kurdistan, Iran.

✉ **Corresponding author:**

shahinketabi@gmail.com

ISSN: 2980-8960

All rights of this article are reserved for authors.

Owner and Publisher: University of Kurdistan

Journal ISSN (online): 2980-8960

Access Type: Open Access

DOI: https://doi.org/10.22034/ren.2026.144445.1127

Copyright ©The authors

Citation:

Ketabi Sh, Ketabolahi M, Feizi B, Ghasemkarimi H. The Effect of Acute Caffeine Ingestion Before High-Intensity Interval Training on Hemorheological and Antioxidant Responses in Overweight Women”**. Research in Exercise Nutrition.** 2026;4(4):-. Doi: https://doi.org/10.22034/ren.2026.144445.1127 .

https://doi.org/10.22034/ren.2026.144445.1127 Research in Exercise Nutrition 2026; 4(4):1-16

Extended abstract

Problem Statement and Research Significance

Overweight and obesity are associated with adverse alterations in cardiovascular function that extend beyond metabolic dysregulation to include impairments in blood rheology and redox balance. Increased plasma viscosity and elevated fibrinogen concentrations can compromise microcirculatory flow and oxygen delivery, thereby elevating cardiovascular risk, particularly in women due to sex-specific physiological and hormonal factors. High-intensity interval training (HIIT) is widely recommended as a time-efficient exercise strategy capable of improving vascular function; however, its acute metabolic demands may transiently increase oxidative stress. Nutritional interventions, such as caffeine supplementation, have been proposed as potential modulators of exercise-induced vascular and oxidative responses. Despite extensive research on caffeine's ergogenic effects, limited evidence exists regarding its acute interaction with HIIT on hemorheological and oxidative stress markers in overweight women. Addressing this gap is essential for optimizing combined exercise nutrition strategies aimed at cardiovascular health promotion in this population.

Methodology Overview (Research Methods, Study Population, Instruments)

This study employed a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial with a parallel-group design and repeated measurements. Forty-five overweight women aged 25–35 years with a body mass index between 25 and 30 $kg \cdot m^{-2}$ were recruited and randomly allocated into three groups: HIIT combined with caffeine ingestion, HIIT combined with placebo ingestion, and a non-exercising control group. Participants were screened to ensure general health, non-smoking status, absence of regular structured exercise participation, and no recent use of antioxidant supplements or medications affecting cardiovascular function.

Caffeine was administered in capsule form at a dose of 6 $mg \cdot kg^{-1}$ body mass, while placebo capsules contained an inert substance identical in appearance. Supplements were consumed 60 minutes prior to exercise to coincide with peak plasma caffeine concentration. The HIIT protocol consisted of four 4-minute running bouts at 85–90% of maximal heart rate, interspersed with 3-minute active recovery periods at 50–60% of maximal heart rate. Venous blood samples were collected at baseline and immediately post-exercise. Plasma viscosity, fibrinogen, total antioxidant capacity (TAC), and malondialdehyde (MDA) were analyzed using validated laboratory methods. Data were examined using mixed-model analysis of variance (3 groups × 2 time points).

Key Findings and Results Analysis

The mixed-model analysis revealed significant group-by-time interaction effects for plasma viscosity, fibrinogen concentration, and total antioxidant capacity, indicating that the physiological responses to the intervention differed across groups. Specifically, only the group performing HIIT in combination with caffeine ingestion demonstrated a significant post-exercise reduction in plasma viscosity and fibrinogen levels. These changes reflect meaningful improvements in hemorheological properties, as reduced plasma viscosity and fibrinogen are associated with enhanced blood flow characteristics, decreased peripheral resistance, and improved microvascular perfusion. The absence of significant hemorheological changes in the HIIT-placebo group suggests that a single session of high-intensity exercise alone was insufficient to elicit measurable acute

مقاله در حال انتشار – پذیرفته شده

improvements in these parameters in overweight women. This finding highlights the potential role of caffeine as a potentiating factor that amplifies exercise-induced vascular adaptations. Mechanistically, caffeine may exert these effects through adenosine receptor antagonism, increased catecholamine release, and subsequent modulation of endothelial function and blood flow dynamics.

In parallel with hemorheological improvements, total antioxidant capacity increased significantly only in the caffeine-HIIT group. This enhancement indicates a favorable shift in redox balance, suggesting that caffeine intake augmented antioxidant defenses in response to the acute metabolic stress imposed by HIIT. The increase in TAC without a corresponding rise in oxidative damage markers implies an adaptive response rather than an oxidative overload. Importantly, malondialdehyde levels, a commonly used marker of lipid peroxidation, did not change significantly in any group. The lack of elevation in MDA demonstrates that neither the high-intensity exercise protocol nor caffeine ingestion induced excessive lipid oxidative damage. This finding is particularly relevant, as concerns have been raised regarding the potential pro-oxidant effects of both intense exercise and stimulant supplementation. Collectively, these results indicate that acute caffeine ingestion prior to HIIT enhances beneficial hemorheological and antioxidant responses without exacerbating oxidative stress. The selective effects observed exclusively in the caffeine-HIIT group underscore the interactive nature of nutritional supplementation and exercise intensity in modulating acute cardiovascular-related physiological outcomes.

Innovation and Practical Implications

The present study is innovative in its simultaneous examination of hemorheological and oxidative stress responses to the acute combination of caffeine ingestion and HIIT in overweight women a population that remains underrepresented in exercise nutrition research. Unlike previous studies that predominantly focused on performance outcomes or male participants, this investigation provides novel insight into vascular-related physiological adaptations relevant to cardiometabolic health. The use of a randomized, double-blind, placebo-controlled design further strengthens the validity of the findings. From a practical perspective, the results suggest that caffeine ingestion prior to high-intensity exercise may serve as an effective short-term nutritional strategy to enhance vascular function and antioxidant capacity in overweight women. This approach may be particularly valuable for individuals seeking time-efficient interventions to improve cardiovascular health. Importantly, the absence of increased lipid peroxidation indicates that this combined strategy can be implemented without elevating oxidative risk. These findings have potential applications in exercise prescription, clinical lifestyle interventions, and health promotion programs targeting women at elevated cardiovascular risk.

Conclusions and Recommendations

In conclusion, acute caffeine consumption prior to a single session of high-intensity interval training resulted in significant improvements in hemorheological parameters and antioxidant capacity without inducing lipid oxidative damage in overweight women. These findings support the use of caffeine as a complementary nutritional strategy to enhance the vascular and redox benefits of high-intensity exercise.

مقاله در حال انتشار - پذیرفته شده

Future research should investigate the chronic effects of repeated caffeine-HIIT interventions, explore dose-response relationships, and incorporate additional inflammatory and molecular biomarkers to clarify underlying mechanisms. Extending this research to other populations will further determine the generalizability of these findings and their long-term implications for cardiovascular health.

مقاله در حال انتشار – پذیرفته شده

پژوهش در تغذیه ورزشی
سال چهارم، شماره چهارم، دی ۱۴۰۴، صص ۱۶-۱

مقاله پژوهشی

https://doi.org/10.22034/ren.2026.144445.1127

Research in Exercise Nutrition 2026; 4(4):1-16

تأثیر مصرف حاد کافئین پیش از تمرین تناوبی شدید بر پاسخ‌های هورمونولوژیک و آنتی‌اکسیدانی در زنان دارای اضافه‌وزن

شاهین کتابی✉[۱]، مژگان کتاب اللهی[۱]، بیان فیضی[۱]، هستی قاسم کریمی[۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۲۸

چکیده

هدف: هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر مصرف حاد کافئین پیش از یک جلسه تمرین تناوبی شدید (HIIT) بر شاخص‌های هورمونولوژیک خون و نشانگرهای استرس اکسیداتیو در زنان دارای اضافه‌وزن بود.

روش‌شناسی: این پژوهش به‌صورت کارآزمایی بالینی تصادفی، دوسوکور و کنترل‌شده با دارونما انجام شد. در مجموع، ۴۵ زن دارای اضافه وزن دامنه سنی ۲۵ تا ۳۵ سال $25 \leq BMI \leq 30\ kg/m^2$ به‌طور تصادفی در سه گروه تمرین HIIT همراه با مصرف کافئین ۶ mg/kg وزن بدن، تمرین تناوبی شدید همراه با دارونما و گروه کنترل قرار گرفتند. مکمل کافئین یا دارونما ۶۰ دقیقه پیش از اجرای پروتکل تمرینی مصرف شد. پروتکل HIIT شامل چهار دوره چهار دقیقه‌ای فعالیت با شدت ۸۵ تا ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه، همراه با سه دقیقه ریکاوری فعال با شدت ۵۰ تا ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه بود. نمونه‌های خون در شرایط پایه و بلافاصله پس از تمرین برای اندازه‌گیری ویسکوزیته پلاسما، فیبرینوژن، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (TAC) و مالون‌دی‌آلدهید (MDA) جمع‌آوری شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس آمیخته (۳ گروه در ۲ زمان) و در سطح معنی‌داری ۰.۰۵ انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد اثر تعاملی گروه در زمان برای ویسکوزیته پلاسما $p=0.01$ $\eta^2=0.19$، فیبرینوژن $(p=0.02\ \eta^2=0.16)$وهمچنین TAC $p<0.001\ \eta^2=0.28$ معنی‌دار بود. در گروه تمرین HIIT همراه با مصرف کافئین، ویسکوزیته پلاسما و فیبرینوژن به‌ترتیب ۹.۱ درصد و ۶.۳ درصد کاهش یافت و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام ۲۵.۴ درصد افزایش نشان داد$(p<0.05)$. در مقابل، در گروه تمرین HIIT همراه با دارونما و گروه کنترل تغییرات معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها در شاخص مالون‌دی‌آلدهید مشاهده نگردید$(p=0.27)$.

نتیجه گیری: یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد مصرف حاد کافئین پیش از یک جلسه تمرین تناوبی شدید می‌تواند بدون تشدید پراکسیداسیون لیپیدی، موجب بهبود شاخص‌های هورمونولوژیک خون و تقویت ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در زنان دارای اضافه‌وزن شود. بر این اساس، کافئین می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد تغذیه‌ای کوتاه‌مدت و حمایتی در کنار تمرینات شدید با هدف ارتقای سلامت عروقی این جمعیت مورد توجه قرار گیرد.

واژگان کلیدی کافئین؛ تمرین تناوبی شدید؛ هورمونولوژی خون؛ استرس اکسیداتیو؛ زنان دارای اضافه‌وزن.

۱- گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

✉ **نویسنده مسئول:**

shahinketabi@gmail.com

ISSN:۲۹۸۰-۸۹۶۰

تمامی حقوق این مقاله برای نویسندگان محفوظ است.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه کردستان
شاپای الکترونیکی: ۲۹۸۰-۸۹۶۰
نوع دسترسی: آزاد
DOI: https://doi.org/10.22034/ren.2026.144445.1127

Copyright ©The author

Citation:
Ketabi Sh, Ketabolahi M, Feizi B, Ghasemkarimi H. The Effect of Acute Caffeine Ingestion Before High-Intensity Interval Training on Hemorheological and Antioxidant Responses in Overweight Women". **Research in Exercise Nutrition.** 2026;4(4):-. **Doi:** https://doi.org/10.22034/ren.2026.144445.1127.

مقدمه

اضافه‌وزن و چاقی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های سلامت عمومی در قرن حاضر، با طیف وسیعی از اختلالات قلبی‌عروقی، متابولیکی و التهابی همراه است و نقش تعیین‌کننده‌ای در افزایش بار بیماری‌های غیرواگیر ایفا می‌کند. در کنار پیامدهای شناخته‌شده‌ای نظیر مقاومت به انسولین، دیس‌لیپیدمی و التهاب مزمن با شدت پایین، شواهد فزاینده‌ای نشان می‌دهند که اضافه‌وزن می‌تواند ویژگی‌های هموروئولوژیک خون، از جمله ویسکوزیته پلاسما و غلظت فیبرینوژن، را به‌طور نامطلوبی تغییر دهد(۱, ۲).

این تغییرات با افزایش مقاومت جریان خون، کاهش انعطاف‌پذیری عروقی و اختلال در اکسیژن‌رسانی بافتی همراه بوده و می‌توانند بستر مناسبی برای بروز آترواسکلروز و حوادث قلبی‌عروقی فراهم کنند.

اهمیت این مسئله در زنان دارای اضافه‌وزن دوچندان است؛ چرا که تفاوت‌های هورمونی، تغییرات وابسته به چرخه قاعدگی و پاسخ‌های عروقی خاص جنس مؤنث می‌توانند حساسیت سیستم گردش خون را نسبت به اختلالات هموروئولوژیک افزایش دهند (۳)مطالعات نشان داده‌اند که افزایش فیبرینوژن و ویسکوزیته پلاسما در زنان، حتی در سنین جوانی، با افزایش ریسک بیماری‌های قلبی‌عروقی در سال‌های بعدی زندگی مرتبط است (۴) از این رو، شناسایی راهبردهای مؤثر برای بهبود ویژگی‌های رئولوژیک خون در این جمعیت از اهمیت بالینی و پیشگیرانه بالایی برخوردار است.

تمرینات ورزشی به‌عنوان یکی از مؤثرترین مداخلات غیردارویی، نقش کلیدی در بهبود سلامت عروقی و کاهش ریسک قلبی‌عروقی ایفا می‌کنند. در این میان، تمرین تناوبی شدید HIIT طی سال‌های اخیر به دلیل کارایی زمانی بالا و توانایی ایجاد سازگاری‌های سریع متابولیکی و عروقی، توجه ویژه پژوهشگران و متخصصان بالینی را به خود جلب کرده است(۵, ۶). افزایش تنش برشی ناشی از HIIT می‌تواند با تحریک مسیرهای وابسته به نیتریک‌اکسید، بهبود عملکرد اندوتلیال و افزایش اتساع‌پذیری عروق، زمینه‌ساز بهبود ویژگی‌های هموروئولوژیک خون شود (۷, ۸).

با این حال، شدت بالای تمرینات HIIT با افزایش مصرف اکسیژن میتوکندریایی و فعال‌سازی مسیرهای متابولیکی پرتنش همراه است که می‌تواند تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) را افزایش داده و تعادل اکسیداتیو را به چالش بکشد(۸). در صورتی که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بدن برای خنثی‌سازی این گونه‌ها کافی نباشد، افزایش استرس اکسیداتیو و آسیب به لیپیدها، پروتئین‌ها و ساختارهای سلولی محتمل خواهد بود. بنابراین، بررسی همزمان پاسخ‌های هموروئولوژیک و اکسیداتیو به تمرینات شدید، به‌ویژه در افراد دارای اضافه‌وزن، ضروری به نظر می‌رسد.

علاوه بر این، شواهد جدید نشان می‌دهد که پاسخ‌های اکسیداتیو و هموروئولوژیک ناشی از تمرینات شدید، تنها به شدت تمرین وابسته نیستند، بلکه به تعامل پیچیده‌ای میان وضعیت متابولیکی فرد، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پایه و وضعیت التهابی سیستمیک نیز مرتبط هستند. در افراد دارای اضافه‌وزن، افزایش بافت چربی احشایی با ترشح سایتوکاین‌های التهابی و اختلال عملکرد میتوکندریایی همراه است که می‌تواند حساسیت به استرس اکسیداتیو ناشی از تمرین را تشدید کند (۱۵, ۱۶). از سوی دیگر، برخی مطالعات اخیر نشان داده‌اند که پاسخ‌های حاد به HIIT در زنان ممکن است به دلیل تفاوت‌های هورمونی و تنظیم اتونومیک، الگوی متفاوتی نسبت به مردان داشته باشد؛ به‌گونه‌ای که تغییرات شاخص‌های اکسیداتیو و رئولوژیک در این جمعیت با نوسان بیشتری همراه است (۱۷). بنابراین، بررسی همزمان مداخلات تغذیه‌ای و تمرینی در زنان دارای اضافه‌وزن می‌تواند درک دقیق‌تری از سازوکارهای تطابقی مرتبط با سلامت عروقی و متابولیکی فراهم سازد.

در این چارچوب، مداخلات تغذیه‌ای و به‌ویژه مکمل‌های ارگوژنیک می‌توانند نقش تعدیل‌کننده مهمی در پاسخ‌های فیزیولوژیک به تمرین ایفا کنند. کافئین یکی از پرمصرف‌ترین و پرمطالعه‌ترین مکمل‌های تغذیه ورزشی است که اثرات آن بر بهبود عملکرد ورزشی، افزایش تحریک سیستم عصبی مرکزی و تغییر پاسخ‌های هموداینامیک به‌خوبی مستند شده است (۹, ۱۰). افزون بر این، شواهد جدید نشان می‌دهند که کافئین می‌تواند از طریق مهار گیرنده‌های آدنوزین، افزایش آزادسازی کاتکول‌آمین‌ها، بهبود جریان خون و برخورداری از خواص آنتی‌اکسیدانی مستقیم و غیرمستقیم، بر شاخص‌های هموروئولوژیک و استرس اکسیداتیو نیز اثرگذار باشد (۱۱, ۱۲).

با وجود این، یافته‌های پژوهش‌ها درباره اثر مصرف کافئین در کنار تمرینات شدید بر تعادل اکسیداتیو و شاخص‌های رئولوژیک خون یکدست و قطعی نیست. برخی مطالعات افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و بهبود ویژگی‌های رئولوژیک خون را گزارش کرده‌اند، در حالی که برخی دیگر به عدم تغییر یا حتی افزایش شاخص‌های پراکسیداسیون لیپیدی پس از تمرین شدید یا مصرف کافئین اشاره نموده‌اند(۱۳, ۱۴). این ناهمگونی می‌تواند ناشی از تفاوت در دوز کافئین، وضعیت تمرین‌پذیری آزمودنی‌ها، جنس، وضعیت تغذیه‌ای و نوع پروتکل تمرینی باشد.

مقاله در حال انتشار - پذیرفته شده

مطالعات اخیر همچنین نشان داده‌اند که زمان‌بندی مصرف کافئین می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در پاسخ‌های فیزیولوژیک ناشی از تمرین داشته باشد. مصرف حاد کافئین پیش از فعالیت ورزشی، علاوه بر اثرات ارگوژنیک شناخته‌شده، ممکن است از طریق تعدیل فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک و بهبود توزیع جریان خون محیطی، بر پاسخ‌های رئولوژیک و استرس اکسیداتیو اثر بگذارد (۱۸). با این حال، بسیاری از مطالعات پیشین از پروتکل‌های تمرینی بسیار شدید نظیر Wingate یا آزمون‌های واماندگی استفاده کرده‌اند که از نظر بار متابولیکی و پاسخ اکسیداتیو با پروتکل‌های استاندارد HIIT تفاوت دارند (۱۹). این موضوع می‌تواند یکی از دلایل ناهمگونی نتایج مطالعات درباره تغییرات MDA و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پس از مصرف کافئین باشد و ضرورت بررسی پروتکل‌های HIIT با ساختار استاندارد در جمعیت‌های کمتر مطالعه‌شده را برجسته می‌سازد.

نکته قابل توجه آن است که بخش عمده‌ای از پژوهش‌های موجود بر مردان ورزشکار یا افراد تمرین‌دیده متمرکز بوده و اطلاعات محدودی درباره زنان دارای اضافه‌وزن، به‌ویژه در شرایط مصرف حاد کافئین و انجام تنها یک جلسه تمرین HIIT، در دسترس است. این خلأ پژوهشی، تفسیر و تعمیم یافته‌های موجود به این جمعیت را با محدودیت مواجه می‌سازد.

بر این اساس، با توجه به اهمیت سلامت عروقی در زنان دارای اضافه‌وزن و نقش بالقوه تعامل تمرین شدید و مداخلات تغذیه‌ای، انجام پژوهشی که اثر مصرف حاد کافئین پیش از یک جلسه تمرین تناوبی شدید را بر پاسخ‌های همورئولوژیک و شاخص‌های استرس اکسیداتیو بررسی کند، ضروری به نظر می‌رسد. هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر مصرف حاد کافئین پیش از یک جلسه تمرین تناوبی شدید (HIIT) بر شاخص‌های همورئولوژیک و استرس اکسیداتیو در زنان دارای اضافه‌وزن بود.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر یک کارآزمایی بالینی تصادفی، دوسوکور و کنترل‌شده با دارونما، با طراحی موازی و اندازه‌گیری‌های مکرر بود که با هدف بررسی اثر مصرف حاد کافئین بر پاسخ‌های همورئولوژیک و شاخص‌های استرس اکسیداتیو ناشی از یک جلسه تمرین تناوبی شدید (HIIT) در زنان دارای اضافه‌وزن انجام شد. حجم نمونه بر اساس مرور مطالعات مشابه در حوزه تمرینات شدید و مکمل‌سازی کافئین و با استفاده از نرم‌افزار G*Power نسخه ۳.۱ محاسبه گردید (۹) . با در نظر گرفتن اندازه اثر متوسط(f=0.25)، سطح معنی‌داری ۰.۰۵، توان آزمون ۰.۸۰ و طراحی آنالیز واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر، حداقل حجم نمونه مورد نیاز برآورد شد. با لحاظ احتمال ریزش ۱۰ تا ۱۵ درصد، در نهایت ۴۵ زن دارای اضافه‌وزن (۱۵ نفر در هر گروه) وارد مطالعه شدند.

شرکت‌کنندگان دارای دامنه سنی ۲۵ تا ۳۵ سال و شاخص توده بدنی≥25 BMI≤30 $kg \cdot m^{-2}$ بودند. معیارهای ورود شامل سلامت عمومی مناسب بر اساس پرسشنامه پزشکی، غیرسیگاری بودن، عدم مشارکت در برنامه‌های تمرینی منظم (حداکثر دو جلسه در هفته)، عدم مصرف مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی یا داروهای مؤثر بر سیستم قلبی‌عروقی طی شش هفته پیش از مطالعه و نداشتن بیماری‌های مزمن متابولیک یا التهابی بود. معیارهای خروج شامل بارداری یا شیردهی، مصرف مواد غذایی، نوشیدنی‌ها یا دمنوش‌های حاوی مقادیر بالای کافئین طی ۴۸ ساعت پیش از آزمون، عدم پایبندی به دستورالعمل‌های تغذیه‌ای یا انجام فعالیت بدنی خارج از پروتکل پژوهش و بروز هرگونه عارضه پزشکی که مانع ادامه مشارکت می‌شد، در نظر گرفته شد. فرآیند تصادفی‌سازی به‌صورت بلوکی و با نسبت تخصیص ۱:۱:۱ توسط پژوهشگری مستقل و با استفاده از تولیدکننده اعداد تصادفی انجام شد. کپسول‌های کافئین و دارونما از نظر شکل، رنگ، وزن و بسته‌بندی کاملاً یکسان‌سازی و کدگذاری شدند. بدین ترتیب، شرکت‌کنندگان و پژوهشگران تا پایان تحلیل داده‌ها از محتوای کپسول‌ها بی‌اطلاع بودند (دوسوکور) و کدها پس از اتمام تحلیل آماری افشا شد. (۱۵)کپسول‌های کافئین حاوی پودر کافئین بی‌آب با درجه دارویی غذایی و دوز ۶ $mg \cdot kg^{-1}$ وزن بدن بودند. انتخاب این دوز بر اساس شواهد علمی موجود و مرور نظام‌مند مطالعات ارگوژنیک کافئین در تمرینات ورزشی انجام شد که این مقدار را به‌عنوان دوز مؤثر و ایمن معرفی کرده‌اند(۱۰). کپسول‌های دارونما حاوی آرد ذرت با وزن و ظاهر مشابه بودند. شرکت‌کنندگان کپسول‌ها را همراه با ۲۵۰ میلی‌لیتر آب، ۶۰ دقیقه پیش از آغاز پروتکل تمرینی مصرف کردند تا به اوج غلظت پلاسمایی کافئین دست یابند؛ زمانی که بیشترین اثرات فیزیولوژیک کافئین گزارش شده است (۱۲).

پروتکل تمرین تناوبی شدید برای دو گروه مداخله به‌صورت استاندارد اجرا شد و شامل گرم‌کردن ۱۰ دقیقه‌ای، مرحله تمرین اصلی شامل چهار دوره چهار دقیقه‌ای دویدن با شدت ۸۵ تا ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه و سه دقیقه ریکاوری فعال با شدت ۵۰ تا ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه، و در نهایت سردکردن ۵ تا ۱۰ دقیقه‌ای بود. شدت تمرین به‌طور پیوسته با استفاده از مانیتور ضربان قلب (Polar, Finland) کنترل شد و تمرین‌ها بر روی تردمیل انجام گرفت. این پروتکل بر اساس الگوهای معتبر HIIT در مطالعات پیشین انتخاب شد (۱۵).

مقاله در حال انتشار - پذیرفته شده

گروه کنترل در شرایط محیطی مشابه حضور داشت، اما هیچ‌گونه فعالیت ورزشی انجام نداد. شرکت‌کنندگان از ۴۸ ساعت پیش از آزمون از انجام فعالیت بدنی شدید و از ۲۴ ساعت پیش تا پایان مطالعه از مصرف هرگونه ماده یا مکمل حاوی کافئین منع شدند. رژیم غذایی ۲۴ ساعت قبل از آزمون به‌صورت ایزوکالریک توسط متخصص تغذیه تنظیم و پایبندی به آن از طریق ثبت غذایی بررسی شد.

نمونه‌های خون در حالت ناشتا و بلافاصله پس از پایان تمرین از ورید بازویی جمع‌آوری و مطابق با پروتکل‌های استاندارد آزمایشگاهی پردازش شدند(۱۶). ویسکوزیته پلاسما با استفاده از ویسکوزیمتر مخروطی صفحه‌ای (Brookfield, USA) اندازه‌گیری شد(۱۷). غلظت فیبرینوژن به روش کلاؤس تعیین گردید(۱۸). ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (TAC) با روش FRAP اندازه‌گیری شد(۱۹). مالون‌دی‌آلدهید (MDA) به‌عنوان شاخص پراکسیداسیون لیپیدی با روش TBARS سنجیده شد (۲۰).

روش آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ تحلیل شدند. برای بررسی اثرات اصلی زمان، گروه و اثر تعاملی گروه در زمان، از آنالیز واریانس آمیخته (۳ گروه × ۲ زمان) استفاده شد و اندازه اثر جزئی (η^2) گزارش گردید. سطح معنی‌داری آماری ۰.۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در این پژوهش، داده‌های مربوط به ۴۵ زن دارای اضافه‌وزن که به‌طور تصادفی در سه گروه تمرین HIIT همراه با مصرف کافئین، تمرین HIIT همراه با دارونما و گروه کنترل قرار گرفتند، تحلیل شد. توزیع داده‌ها برای تمامی متغیرها با آزمون شاپیرو ویلک نرمال بود (p>0.05). نتایج مربوط به پاسخ‌های حاد ناشی از یک جلسه تمرین در ادامه گزارش می‌شود.

نتایج آنالیز واریانس آمیخته (۳ گروه × ۲ زمان) نشان داد اثر تعاملی گروه در زمان برای ویسکوزیته پلاسما معنی‌دار بود (p=0.01، η^2=0.19). بررسی مقایسات زوجی نشان داد که در گروه تمرین HIIT همراه با مصرف کافئین، ویسکوزیته پلاسما پس از تمرین به‌طور معناداری کاهش یافت (p<0.05)، در حالی که در گروه تمرین HIIT همراه با دارونما و گروه کنترل تغییر معناداری مشاهده نشد (p>0.05). مقادیر میانگین و انحراف معیار در جدول ۲ ارائه شده است.

برای متغیر فیبرینوژن، نتایج آنالیز واریانس آمیخته اثر تعاملی معنی‌دار گروه در زمان را نشان داد

p=0.02 η^2=0.16 کاهش معنادار فیبرینوژن تنها در گروه تمرین HIIT همراه با مصرف کافئین مشاهده شد (p<0.05). در گروه دارونما و گروه کنترل، تغییرات فیبرینوژن معنی‌دار نبود (p>0.05). نتایج توصیفی و تحلیلی این متغیر در جدول ۲ گزارش شده است.

نتایج نشان داد اثر تعاملی گروه در زمان برای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام معنی‌دار بود p<0.001 η^2=0.28. در گروه تمرین HIIT همراه با مصرف کافئین، TAC پس از تمرین افزایش معناداری نشان داد (p<0.05). در مقابل، در گروه تمرین HIIT همراه با دارونما و گروه کنترل تغییر معناداری مشاهده نشد (p>0.05). جزئیات آماری در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج آنالیز واریانس آمیخته نشان داد اثر تعاملی گروه در زمان برای مالون‌دی‌آلدهید معنی‌دار نبود (p=0.27). همچنین اثرات اصلی زمان و گروه نیز معنی‌دار گزارش نشدند (p>0.05).

این نتایج نشان می‌دهد که یک جلسه تمرین HIIT، چه همراه با مصرف کافئین و چه دارونما، تغییری معنی‌دار در شاخص پراکسیداسیون لیپیدی ایجاد نکرد. مقادیر مربوطه در جدول ۳ ارائه شده است. تمامی نتایج به‌صورت منظم و مطابق با طرح آماری مطالعه در جداول ارائه شده‌اند.

مقاله در حال انتشار - پذیرفته شده

جدول ۱. ویژگی‌های پایه شرکت‌کنندگان

Table 1. Basic characteristics of participants

گروه متغیرها	HIIT+کافئین(n=15)	کنترل+پلاسبو(n=15)	HIIT+پلاسبو(n=15)	p-value
سن (سال)	29.1 ± 3.2	29.4 ± 3.1	28.7 ± 3.5	0.81
وزن(kg)	72.3 ± 4.8	73.1 ± 4.9	71.5 ± 5.2	0.67
قد(cm)	162.4 ± 5.1	163.2 ± 5.0	161.9 ± 4.9	0.74
شاخص توده بدن BMI (kg/m^2)	27.5 ± 1.2	27.6 ± 1.3	27.3 ± 1.4	0.89
بیشینه ضربان قلب HRmax (bpm)	189 ± 7	188 ± 8	190 ± 6	0.77

جدول ۲. تغییرات شاخص‌های هموروئولوژیک و اکسیداتیو

Table 2. Changes in hemorheological and oxidative indices

گروه متغیرها	زمان	η^2 جزئی	p گروه×زمان	کنترل+پلاسبو (n=15)	HIIT+پلاسبو (n=15)	HIIT+کافئین (n=15)
ویسکوزیته پلاسما (mPa·s)	پیش			1.43 ± 0.07	1.41 ± 0.08	1.42 ± 0.09
	پس	0.19	0.01	1.42 ± 0.08	1.35 ± 0.07	1.29 ± 0.08*
فیبرینوژن (g/L)	پیش			3.14 ± 0.22	3.12 ± 0.24	3.15 ± 0.21
	پس	0.16	0.02	3.13 ± 0.25	3.05 ± 0.21	2.95 ± 0.20*
TAC (mmol/L)	پیش			1.11 ± 0.12	1.13 ± 0.13	1.12 ± 0.14
	پس	0.28	<0.001	1.12 ± 0.13	1.26 ± 0.14	1.40 ± 0.16*
MDA (µmol/L)	پیش			3.22 ± 0.24	3.18 ± 0.27	3.19 ± 0.26
متغیرها	پس	0.05	0.27	3.21 ± 0.23	3.17 ± 0.25	3.19 ± 0.26

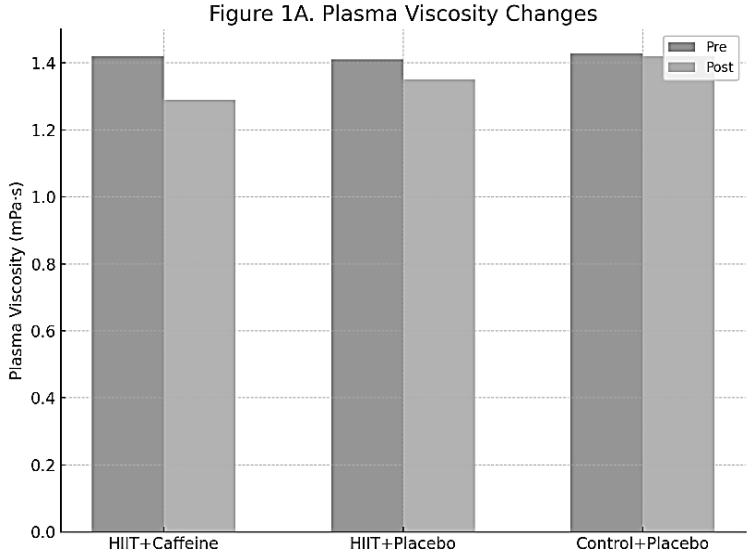
جدول ۳. نتایج تحلیل واریانس آمیخته

Table 3. Mixed analysis of variance results

متغیر	اثر گروه×زمان (F,p,η^2)	اثر گروه (F,p,η^2)	اثر زمان (F,p,η^2)
ویسکوزیته پلاسما	F=5.12, p=0.01, η²=0.19	F=1.21, p=0.31, η²=0.07	F=6.14, p=0.02, η²=0.15
فیبرینوژن	F=4.26, p=0.02, η²=0.16	F=1.09, p=0.34, η²=0.06	F=5.01, p=0.03, η²=0.13
TAC	F=8.43, p<0.001, η²=0.28	F=2.14, p=0.09, η²=0.11	F=9.87, p<0.001, η²=0.23
MDA	F=1.15, p=0.27, η²=0.05	F=0.75, p=0.48, η²=0.03	F=0.89, p=0.37, η²=0.04

نمودار A-۱. تغییرات ویسکوسیتی پلاسما

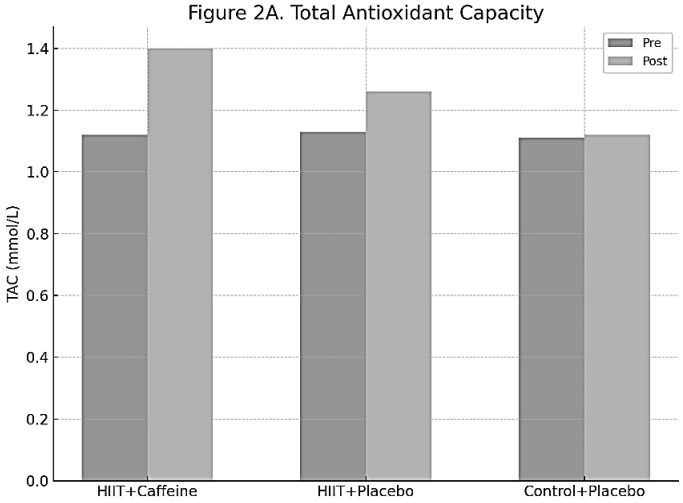
Figure 1A. Plasma Viscosity Changes



مقاله در حال ارزیابی / پذیرفته شده

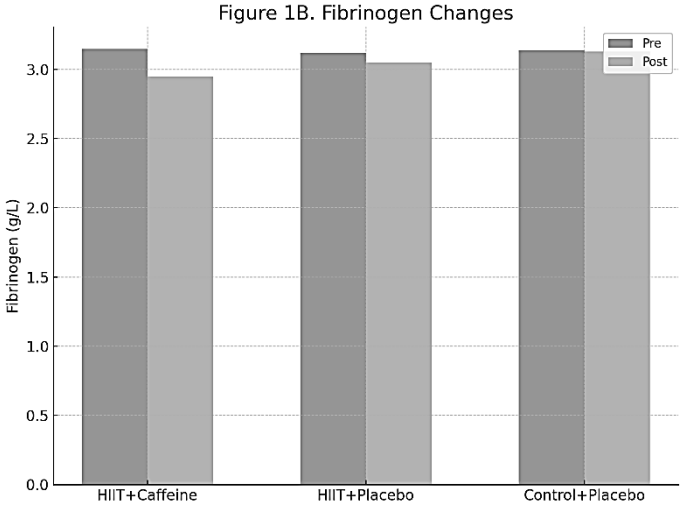
نمودار۲- A. مجموع آنتی اکسیدان

Figure 2A. Total Antioxidant Capacity



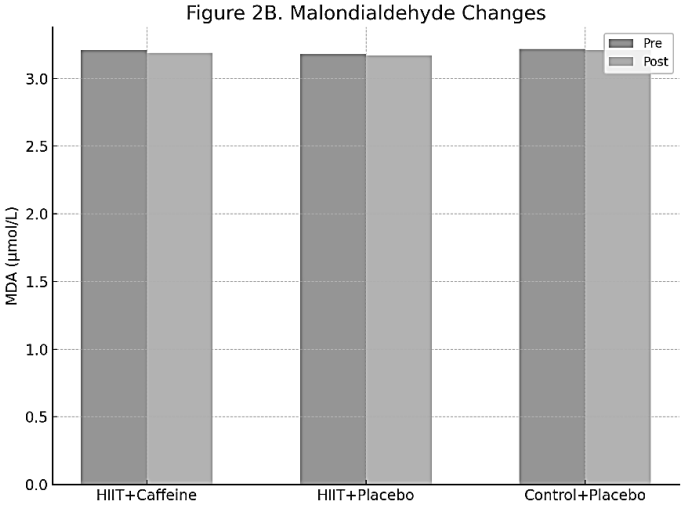
نمودار ۱- B. تغییرات فیبرینوژن

Figure 1B. Fibrinogen Changes



نمودار۲- B. تغییرات MDA

Figure 2B. Malondialdehyde Changes



بحث

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد مصرف حاد کافئین پیش از یک جلسه تمرین تناوبی شدید (HIIT) موجب بهبود معنادار شاخص‌های هومورئولوژیک خون، شامل کاهش ویسکوزیته پلاسما و فیبرینوژن، و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (TAC) در زنان دارای اضافه‌وزن شد، در حالی که شاخص پراکسیداسیون لیپیدی مالون‌دی‌آلدهید (MDA) تغییر معناداری نشان نداد. این الگوی پاسخ فیزیولوژیک بیانگر آن است که ترکیب مصرف کافئین و تمرین HIIT می‌تواند بدون ایجاد عدم تعادل اکسیداتیو، پاسخ‌های سودمند عروقی و رئولوژیک را در این جمعیت القا کند؛ موضوعی که از منظر پیشگیری قلبی‌عروقی و سلامت متابولیک اهمیت ویژه‌ای دارد.

کاهش ویسکوزیته پلاسما و فیبرینوژن مشاهده‌شده در گروه HIIT همراه با مصرف کافئین با نتایج مطالعات پیشین که به نقش تعدیل‌کننده کافئین بر ویژگی‌های رئولوژیک خون اشاره کرده‌اند، همخوانی دارد(۹, ۱۰). کافئین از طریق مهار گیرنده‌های آدنوزین، افزایش آزادسازی کاتکول‌آمین‌ها و بهبود پاسخ‌های همودینامیک، موجب افزایش جریان خون، کاهش مقاومت عروقی محیطی و ارتقای عملکرد اندوتلیال می‌شود. این سازوکارها می‌توانند با کاهش غلظت فیبرینوژن و بهبود خواص جریان خون، به کاهش بار قلبی و بهبود میکروسیرکولاسیون منجر شوند که از شاخص‌های کلیدی سلامت قلبی‌عروقی محسوب می‌شوند (۱, ۲۱).

از سوی دیگر، تمرین تناوبی شدید به‌عنوان یکی از مؤثرترین شیوه‌های تمرینی برای ارتقای عملکرد عروقی شناخته می‌شود. افزایش تنش برشی ناشی از HIIT با تحریک مسیرهای وابسته به نیتریک‌اکسید، بهبود انعطاف‌پذیری عروق و تعدیل پاسخ‌های اندوتلیالی همراه است (۶). عدم مشاهده تغییرات معنادار هومورئولوژیک در گروه HIIT همراه با دارونما نشان می‌دهد که در زنان دارای اضافه‌وزن، یک جلسه تمرین شدید به‌تنهایی ممکن است برای القای تغییرات حاد در این شاخص‌ها کافی نباشد. در این چارچوب، هم‌افزایی مصرف کافئین با تمرین HIIT می‌تواند توضیح‌دهنده پاسخ‌های مطلوب مشاهده‌شده در پژوهش حاضر باشد، به‌ویژه در جمعیتی که به‌طور زمینه‌ای با افزایش ویسکوزیته خون و التهاب خفیف مزمن مواجه است(۲۲).

افزایش معنادار TAC پس از مصرف کافئین در پژوهش حاضر با شواهد موجود درباره خواص آنتی‌اکسیدانی مستقیم و غیرمستقیم کافئین و متابولیت‌های آن هم‌راستا است(۱۲). کافئین می‌تواند از طریق مهار تولید گونه‌های فعال اکسیژن، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و تقویت سیستم‌های دفاعی درون‌زاد، تعادل اکسیداتیو را به نفع آنتی‌اکسیدان‌ها تغییر دهد. علاوه بر این، تمرینات شدید کوتاه‌مدت با ایجاد استرس اکسیداتیو کنترل‌شده، مسیرهای تطابقی وابسته به NRF2 و سایر مکانیسم‌های حفاظتی را فعال کرده و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش می‌دهند (۷). هم‌زمانی این دو عامل می‌تواند توضیح‌دهنده افزایش قابل توجه TAC بدون بروز آسیب اکسیداتیو باشد.

عدم تغییر معنادار MDA در این پژوهش نشان می‌دهد که علی‌رغم افزایش تقاضای متابولیکی ناشی از HIIT و مصرف کافئین، پراکسیداسیون لیپیدی تشدید نشده است. این یافته با نتایج مطالعاتی همسو است که گزارش کرده‌اند در شرایط افزایش همزمان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، شاخص‌های آسیب اکسیداتیو لیپیدها لزوماً افزایش نمی‌یابند (۱۳). با این حال، برخی پژوهش‌ها افزایش MDA پس از تمرین شدید یا مصرف کافئین را گزارش کرده‌اند (۱۴). که این ناهمخوانی می‌تواند ناشی از تفاوت در دوز کافئین، وضعیت تمرین‌پذیری آزمودنی‌ها، جنس، وضعیت تغذیه‌ای و زمان نمونه‌گیری خون باشد. در پژوهش حاضر، انتخاب دوز استاندارد ۶ $mg \cdot kg^{-1}$ و نمونه‌گیری بلافاصله پس از تمرین احتمالاً شرایطی را فراهم کرده است که پاسخ‌های حفاظتی پیش از بروز آسیب لیپیدی فعال شوند.

یافته‌های پژوهش حاضر از منظر فیزیولوژیک نشان می‌دهد که پاسخ اکسیداتیو ناشی از یک جلسه HIIT احتمالاً در محدوده‌ای قرار داشته که بیشتر ماهیت تطابقی داشته تا آسیب‌زا. در سال‌های اخیر، این دیدگاه مطرح شده است که افزایش کنترل‌شده گونه‌های فعال اکسیژن در طی تمرینات شدید می‌تواند به‌عنوان یک سیگنال سلولی برای فعال‌سازی مسیرهای دفاع آنتی‌اکسیدانی و بهبود عملکرد میتوکندریایی عمل کند، نه صرفاً عاملی مخرب (۲۰). در این چارچوب، به نظر می‌رسد مصرف حاد کافئین در پژوهش حاضر توانسته است بدون تشدید پراکسیداسیون لیپیدی، پاسخ‌های تطابقی ناشی از HIIT را تقویت کند. همچنین، تفاوت نتایج این مطالعه با برخی پژوهش‌های مبتنی بر آزمون‌های supramaximal نظیر Wingate احتمالاً ناشی از تفاوت در ماهیت متابولیکی پروتکل تمرینی، مدت فعالیت و میزان تجمع متابولیت‌های اکسیداتیو باشد؛ زیرا پروتکل‌های استاندارد HIIT معمولاً فشار اکسیداتیو کنترل‌شده‌تر و پاسخ همودینامیک پایدارتری ایجاد می‌کنند (۱۹, ۲۱).

از منظر کاربردی، یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد مصرف حاد کافئین پیش از تمرین HIIT می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد تغذیه‌ای کوتاه‌مدت، ایمن و در دسترس برای بهبود سلامت عروقی و تعادل اکسیداتیو در زنان دارای اضافه‌وزن مورد استفاده قرار گیرد. این موضوع به‌ویژه برای افرادی که به دلیل محدودیت

زمانی به دنبال مداخلات تمرینی مؤثر هستند و همزمان در معرض افزایش ریسک بیماری‌های قلبی‌عروقی و اختلالات متابولیکی قرار دارند، اهمیت عملی قابل توجهی دارد (۲).

از دیدگاه بالینی و کاربردی، یافته‌های حاضر می‌تواند برای طراحی مداخلات تمرینی–تغذیه‌ای در زنان دارای اضافه‌وزن اهمیت ویژه‌ای داشته باشد. امروزه یکی از چالش‌های اصلی در تجویز تمرین برای افراد دارای اضافه‌وزن، ایجاد تعادل میان اثربخشی متابولیکی تمرین و جلوگیری از تشدید استرس فیزیولوژیک است. نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف حاد کافئین پیش از یک جلسه HIIT نه‌تنها موجب افزایش شاخص‌های آسیب اکسیداتیو نشد، بلکه با بهبود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و شاخص‌های هورمونی‌لوژیک همراه بود.

این موضوع می‌تواند بیانگر آن باشد که استفاده هدفمند از کافئین، در صورت کنترل دوز و زمان مصرف، قادر است تحمل فیزیولوژیک تمرینات شدید را در افراد دارای اضافه‌وزن بهبود بخشد و به‌عنوان بخشی از راهبردهای پیشگیرانه مرتبط با سلامت قلبی‌عروقی مورد توجه قرار گیرد (۱۱, ۱۸).

از نقاط قوت پژوهش حاضر می‌توان به طراحی تصادفی دوسوکور و کنترل‌شده با دارونما، کنترل دقیق مصرف کافئین، استفاده از پروتکل استاندارد HIIT و بررسی همزمان شاخص‌های هورمونی‌لوژیک و آنتی‌اکسیدانی اشاره کرد. با این حال، محدودیت‌هایی نظیر بررسی صرفاً پاسخ‌های حاد، عدم اندازه‌گیری نشانگرهای التهابی و مولکولی، و محدود بودن جامعه آماری به زنان دارای اضافه‌وزن وجود دارد. بنابراین، تعمیم نتایج به سایر جمعیت‌ها باید با احتیاط انجام شود. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده اثرات مزمن مصرف کافئین همراه با تمرین HIIT، پاسخ‌های وابسته به دوز، نقش عادت مصرف کافئین و بررسی سایر گروه‌های جمعیتی را مدنظر قرار دهند.

نتیجه‌گیری

در مجموع، نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد مصرف حاد کافئین پیش از یک جلسه تمرین تناوبی شدید می‌تواند بدون تشدید استرس اکسیداتیو، موجب بهبود شاخص‌های هورمونی‌لوژیک خون و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در زنان دارای اضافه‌وزن شود. این یافته‌ها از نقش کافئین به‌عنوان یک مداخله تغذیه‌ای حمایتی در کنار تمرینات شدید برای ارتقای سلامت عروقی و متابولیک حمایت می‌کند و می‌تواند مبنایی علمی برای طراحی راهبردهای تمرینی-تغذیه‌ای هدفمند در این جمعیت فراهم آورد.

پیام مقاله

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد مصرف حاد کافئین پیش از یک جلسه تمرین تناوبی شدید (HIIT) می‌تواند بدون تشدید استرس اکسیداتیو، موجب بهبود شاخص‌های هورمونی‌لوژیک و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در زنان دارای اضافه‌وزن شود. این نتایج بر اهمیت راهبردهای تغذیه‌ای کوتاه‌مدت در کنار تمرینات شدید برای حمایت از سلامت عروقی تأکید دارد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از تمامی شرکت‌کنندگان در این پژوهش و همچنین از همکاری مسئولان و کارکنان آزمایشگاه مرکزی که در اجرای مراحل پژوهش و انجام آزمون‌های آزمایشگاهی همکاری داشتند، صمیمانه قدردانی می‌شود.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تعارض منافع مالی یا غیرمالی در انجام و انتشار این پژوهش وجود ندارد.

منابع مالی اجرای این پژوهش از محل اعتبارات شخصی پژوهشگران و امکانات آموزشی و پژوهشی دانشگاه کردستان انجام شده و هیچ‌گونه حمایت مالی، گرنت پژوهشی یا پشتیبانی مالی مستقلی از سازمان‌ها، نهادها یا شرکت‌های دولتی و خصوصی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان شاهین کتابی: طراحی مطالعه، تدوین ایده پژوهش، تحلیل آماری داده‌ها، تفسیر نتایج و نگارش نسخه اولیه مقاله.

مژگان کتاب‌اللهی: جمع‌آوری داده‌ها، اجرای پروتکل‌های پژوهش و بازبینی علمی مقاله.

بیان فیضی: مشارکت در جمع‌آوری داده‌ها، پایش اجرای پژوهش و بازبینی مقاله.

هستی قاسم کریمی: همکاری در تفسیر نتایج، بازبینی انتقادی مقاله و تأیید نسخه نهایی.

تمامی نویسندگان نسخه نهایی مقاله را مطالعه و تأیید کرده‌اند.

منابع

[1] Lavie CJ, Laddu D, Arena R, Ortega FB, Alpert MA, Kushner RF. Healthy weight and obesity prevention: JACC health promotion series. J Am Coll Cardiol. 2018;72(13):1506-31. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.08.1037

مقاله در حال انتشار – پذیرفته شده

strength and power: a systematic review and meta-analysis. J Int Soc Sports Nutr. 2018;15:11. DOI: https://doi.org/10.1186/s12970-018-0216-0

[10] Southward K, Rutherfurd-Markwick KJ, Ali A. The effect of acute caffeine ingestion on endurance performance: a systematic review and meta-analysis. Sports Med. 2018;48(8):1913-28. DOI: https://doi.org/10.1007/s40279-018-0939-8

[11] Guest NS, VanDusseldorp TA, Nelson MT, Grgic J, Schoenfeld BJ, Jenkins NDM, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: caffeine and exercise performance. J Int Soc Sports Nutr. 2021;18(1):1. DOI: https://doi.org/10.1186/s12970-020-00383-4

[12] Spriet LL. Exercise and sport performance with low doses of caffeine. Sports Med. 2014;44(Suppl 2):S175-S184. DOI: https://doi.org/10.1007/s40279-014-0257-8

[13] Mahdavi R, Daneghian S, Homayouni A, Jafari A. Effects of caffeine supplementation on oxidative stress, exercise-induced muscle damage and leukocytosis. Pharm Sci. 2019;18(3):177-82.

[14] Filip-Stachnik A, Krzysztofik M, Del Coso J, Pałka T, Sadowska-Krępa E. The effect of acute caffeine intake on resistance training volume, prooxidant-antioxidant balance and muscle damage markers following a session of full-body resistance exercise in resistance-trained men habituated to caffeine. J Sports Sci Med. 2023;22(3):436-45.

[15] Pickering C, Kiely J. What should we do about habitual caffeine use in athletes? Sports Med. 2019;49(6):833-42. DOI: https://doi.org/10.1007/s40279-019-01093-6

[16] Prior RL, Wu X, Schaich K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. J Agric Food Chem.

[2] Ross R, Neeland IJ, Yamashita S, Shai I, Seidell J, Magni P, et al. Waist circumference as a vital sign in clinical practice: a consensus statement from the IAS and ICCR Working Group on Visceral Obesity. Nat Rev Endocrinol. 2020;16(3):177-89. DOI: https://doi.org/10.1038/s41574-019-0310-7

[3] Regitz-Zagrosek V, Oertelt-Prigione S, Seeland U, Hetzer R. Sex and gender differences in myocardial hypertrophy and heart failure. Circ J. 2010;74(7):1265-73.

[4] Koliaki C, Liatis S, Kokkinos A. Obesity and cardiovascular disease: revisiting an old relationship. Metabolism. 2019;92:98-107. DOI: https://doi.org/10.1016/j.metabol.2018.10.011

[5] Weston KS, Wisløff U, Coombes JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. Br J Sports Med. 2014;48(16):1227-34. DOI: https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092576

[6] Gibala MJ, Little JP, MacDonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. J Physiol. 2012;590(5):1077-84. DOI: https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.224725

[7] Green DJ, Hopman MTE, Padilla J, Laughlin MH, Thijssen DHJ. Vascular adaptation to exercise in humans: role of hemodynamic stimuli. Physiol Rev. 2017;97(2):495-528. DOI: https://doi.org/10.1152/physrev.00014.2016

[8] Aboodarda SJ, Iannetta D, Emami N, Varesco G, Murias JM, Millet GY. Effects of pre-induced fatigue versus concurrent pain on exercise tolerance, neuromuscular performance and corticospinal responses of locomotor muscles. J Physiol. 2020;598(2):285-302. DOI: https://doi.org/10.1113/JP278933

[9] Grgic J, Trexler ET, Lazinica B, Pedisic Z. Effects of caffeine intake on muscle

2005;53(10):4290-302. DOI: https://doi.org/10.1021/jf0502698

[17] Ribeiro N, Ugrinowitsch C, Panissa VLG, Tricoli V. Acute effects of aerobic exercise performed with different volumes on strength performance and neuromuscular parameters. Eur J Sport Sci. 2019;19(3):287-94.

[18] Clauss A. Rapid physiological coagulation method in determination of fibrinogen. Acta Haematol. 1957;17(4):237-46.

[19] Benzie IF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. Anal Biochem. 1996;239(1):70-76. DOI: https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292

[20] Ohkawa H, Ohishi N, Yagi K. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. Anal Biochem. 1979;95(2):351-58. DOI: https://doi.org/10.1016/0003-2697(79)90738-3

[21] Guiraudou M, Varlet-Marie E, Raynaud de Mauverger E, Brun JF. Obesity-related increase in whole blood viscosity includes different profiles according to fat localization. Clin Hemorheol Microcirc. 2013;55(1):63-73. DOI: https://doi.org/10.3233/CH-131708

[22] 22.Oikonomou EK, Antoniades C. The role of adipose tissue in cardiovascular health and disease. Nat Rev Cardiol. 2019;16(2):83-99. DOI: https://doi.org/10.1038/s41569-018-0099-7

مقاله در حال انتشار – پذیرفته شده