

Short-term effect of two different amounts of caffeine-beet juice supplement before an intensive aerobic performance on plasma TNF- α , GDF-15 and E-SELECTIN in professional endurance runners

Maziar Azizi Saadatloo¹, Ahmad Abdi^{2*}, javad Mehrabani³, Asieh Abbasi Dalavi⁴

Receive 20201 December 29; Accepted 2022 April 29

Abstract

Aim: Chronic inflammation as an integral part of cardiovascular disease is associated with endothelial dysfunction. The aim of this study was to evaluate the effect of pre-intensive aerobic workout caffeine-beetroot supplementation on indicators related to vascular function including endothelial selectin (E-SELECTIN), growth differentiation factor-15 (GDF-15) and tumor necrosis factor-alpha (TNF- α) in elite endurance runners.

Methods: In this experimental study, 10 elite male runners (age: 27.5 \pm 3.8 y, height: 176.7 \pm 7.8 cm, BMI: 22.3 \pm 1.5 kg/m² and VO₂max 52.2 \pm 4.6 ml/kg/min, were selected and with a double-blind, counterbalance, crossover and randomized design, were participated into three short-term conditions with 2 week washout. 1: high dose (9.6 mmol nitrate and 400 mg caffeine), 2: low dose (4.8 and 200) and 3: placebo. Subjects consumed 250cc of the supplement twice daily. Aerobic exercise included 5-km high intensity indoor running.

Results: intervention, conditions and time effects with MANOVA repeated measures and bonferroni statistical analysis tests showed that the short term beetroot-caffeine supplementation (intervention effect) had no significant effect on E-SELECTIN and GDF-15, but decreased TNF- α (p=0.038). Also, that increased the GDF-15 (p=0.024), TNF- α (p=0.0001) and E-SELECTIN (p=0.047) and the supplementation after seven days (time effect) decreased the levels of TNF- α (p=0.033), GDF-15 (p=0.021) and E-SELECTIN (p=0.004) following exercise.

Conclusion: an increase in the variables after exercise and decrease after seven days of the supplementation, indicates that may improves cardiac dysfunction caused by intensive aerobic exercise.

Keywords: Caffeine, Nitric Oxide, Exercise, Heart Disorder, Athlete.



Scan this QR code to see the accompanying video, or visit jahssp.azaruniv.ac.ir

1. PhD student, Department of Sports Physiology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran
2. Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran, Corresponding Author: a.abdi58@gmail.com
3. Department of Sports Physiology, Faculty of Sports Sciences, University of Guilan, Guilan-Iran.
4. Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran

Cite as: Maziar Azizi Saadatloo, Ahmad Abdi, Javad Mehrabani, Asieh Abbasi Deluoyi: Short-term effect of two different amounts of caffeine-beet juice supplement before an intensive aerobic activity on blood plasma TNF- α , GDF15 and E-SELECTIN in professional endurance runners *Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2022; 9(1): 61-71.

Owner and Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

Journal ISSN (online): 2676-6507

Access Type: Open Access

DOI: 10.22049/JAHSSP.2022.27580.1422

DOR: 20.1001.1.26766507.1401.9.1.6.7



Extended abstract

Background

It is well established that a routine and daily physical activity is useful in preventing many diseases, especially cardiovascular disease. However, chronic and excessive endurance exercise may alter the cardiovascular structure and increase the risk of cardiovascular disease by increasing inflammation[1]. Recent studies have also shown an increase in biomarkers due to post-workout cardiac injury in healthy individuals without cardiovascular disease, which has raised concerns about the consequences of cardiovascular health in strenuous exercise[2]. Nitrate supplements have been shown to be able to inhibit inflammation. The aim of this study was to investigate the effect of caffeine-water-beet supplementation before intense aerobic activity on endothelial selectin (E-SELECTIN), growth differentiation factor-15 (GDF-15) and tumor necrosis factor-alpha (TNF- α) levels in an endurance professional runner.

Materials and Methods: In this experimental, crossover, double-blind, counterbalanced and randomized study, the effect of different conditions (effect amount), short-term use (7 days) of combined supplement and placebo (supplement of caffeine and beet juice containing nitrate) before aerobic activity the levels of TNF- α , E-SELECTIN and GDF-15 were studied. The statistical sample included 10 professional male runners, healthy (age 27.5 ± 3.8 , weight 69.9 ± 7.8 , mass index Body 22.3 ± 1.5 and maximum oxygen Consumption 52.2 ± 4.6) were studied 1: High dose (9.6 mmol nitrate and 400 mg caffeine), 2: low dose (4.8 and 200) and 3: placebo divided.

Biochemical measurement: Plasma concentration of TNF- α in pictograms per ml (pg. / ml) and by Human TNF- α ELISA kit made in China with catalog code DY210-05 with sensitivity of 37.50 pg. / ml and detection range / pg. / 4000-62.50, GDF-15 plasma concentration in pictograms per ml (pg. / ml) by Human GDF-15 ELISA kit with catalog code E-EL-H0080 made in USA with a sensitivity of 14.06 pg. / ml and Detection range of 1500-23/44 pg. / ml and plasma concentration of E-SELRCTIN by Human SELE ELISA kit (E-SELRCTIN) with catalog code E-EL-H0876 made in USA with a sensitivity of 46/88 pg. / ml and detection range of pg. / ml 78,13-5000 was measured.

Supplementation: Beet extract was prepared as an extract powder from Beet powder Sun Say Company, which was completely plant-based and organic without sugar, gluten and other preservatives and synthetic chemicals. Caffeine was also prepared as a powder made by Carnot Company. **Physical activity protocol:** Running five kilometers was considered as a test of intense aerobic activity. On the first day, heart rate and blood pressure were measured before the running test. Venous blood samples were collected to evaluate the baseline variables. Participants started running after warming up for five minutes, and at the end, the measurements were repeated.

From the second day to the seventh day, the supplement was taken intermittently. All measurements were repeated randomly inversely and crosswise for the other two conditions. **Statistics:** To determine the interactive effect of interventions, different conditions and time factor on the variables, MANOVA test with repeated measures and Bonferroni test were used. Data analysis was performed using SPSS software version 23 and the level of significance in all stages was considered by $p < 0.05$.

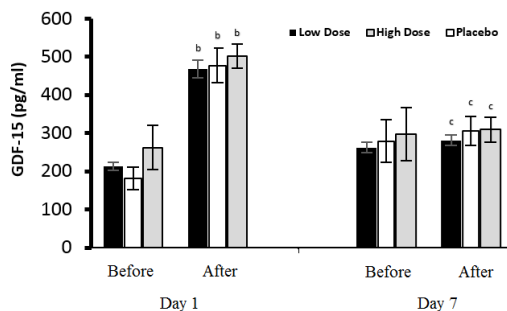
Findings: The results showed that there was a significant difference in TNF- α between the three conditions of beet-caffeine juice supplementation (intervention effect) before and after consumption (time effect) and it means that supplementation has an effect on TNF- α level ($p=0.038$). Also, exercise increased the level of TNF- α ($p = 0.0001$) compared to before the activity (time effect * intervention) and decreased the level of TNF- α in all three supplementation conditions after seven days of intervention ($p = 0.033$).

On the other hand, the results showed that there was no significant difference for E-SELECTIN between the three conditions of the supplement recipient before and after the intervention (time effect * intervention) and in the sense that the beet-caffeine water supplement composition (effect of intervention) Serum E-SELECTIN level had no effect ($p = 0.699$). In addition, exercise increased the level of E-SELECTIN ($p = 0.047$) compared to the onset time (effect of time) and decreased the level of E-SELECTIN in the three complementary conditions after seven days of intervention (effect of time intervention) supplementation. ($P = 0.004$)

The results showed that there was no significant difference for GDF-15 between the three conditions of supplementation before and after the intervention (time effect * intervention). In the sense that beet juice-caffeine supplementation (intervention effect) has no effect on serum level GDF-15 ($p = 0.101$). Also, exercise increased the



level of GDF-15 ($p = 0.024$) compared to the onset (time effect) and decreased the level of GDF-15 in the three conditions of supplementation (effect of time *intervention) after seven days of intervention ($p=0/021$).



Graph 1: GDF-15 variations in different supplementation dose trials

The findings of this study showed that the combination of beet juice supplementation with caffeine had no significant effect on plasma level GDF-15 and E-SELECTIN. The results of Beigers et al[3]. Pickering et al [4].Christensen et al⁵.showed that supplementation of beet juice with caffeine only improves strength, athletic performance and improves fatigue time in athletes and has an effect on the index. Does not have cardiovascular cells, which is in line with the results of the present study.

Contrary to the findings of the present study, Asgari et al [6]. Bonita et al [7].Varun et al [8]. showed that beet juice supplementation reduces cardiovascular and inflammatory factors at rest and during aerobic exercise and improves endothelial function. It becomes vascular. The reasons for the discrepancies between these studies and the results of this study are the differences in different conditions of supplementation in this study, evaluation method or study plan, baseline values of this index, type, severity, duration of the course and dose of supplementation.

Conclusion: The results of this study showed that the combination of beet juice supplementation with caffeine did not have a significant effect on plasma level GDF-15 and E-SELECTIN, but significantly reduced TNF- α levels. Exercise also increased the levels of GDF-15, TNF- α and E-SELECTIN compared to the moment of onset and decreased the levels of these variables in all three supplements after seven days of intervention. Also, due to the lack of significant effect of caffeine-beet juice supplement on GDF-15 and E-SELECTIN and significant reduction of this supplement on TNF- α after intense and short anaerobic training, it is not possible to be sure about caffeine-beet juice supplement to control factors. Inflammatory commented after strenuous anaerobic exercise.

It is noteworthy that the effectiveness of caffeine-beet juice supplement with several factors such as the duration of the supplement, the amount of supplement before exercise, dosage, duration of exercise, physical fitness status, nutritional status, exercise status, familiarity of the subjects With the type of exercise and the effect of supplementation on the response of cytokines with factors such as supplementation period, amount of supplement before exercise, size and rate of absorption of supplements during exercise, diet before and during the study and exercise status of the subjects and a combination of The above factors are related to them.

Article message: Due to the increase in plasma levels of E-SELECTIN, GDF-15, TNF- α immediately after exercise intervention and a significant decrease after seven days of intervention, it can be said that due to doubts about the increase in these parameters after exercise There is, it does not seem that an activity with such a temporal and intense nature will lead to harm. However, the greater intensity in competitions and the repetitive effect of this training pattern in the long run cannot be ignored. Due to its antioxidant properties and findings based on previous studies, taking this supplement will probably be somewhat beneficial for athletes who train hard. Further studies may be needed to explain the effect of this combination supplement on the ergogenic and anti-inflammatory effects of caffeine-beet juice.

مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال نهم، شماره اول؛

بهار و تابستان ۱۴۰۱؛ صفحات ۶۱-۷۱

Open Access

مقاله پژوهشی

تاثیر کوتاه مدت دو مقدار متفاوت مکمل کافئین-آب چغندر پیش از فعالیت هوازی شدید بر TNF- α ، GDF-15 و E-SELECTIN پلاسمایی در دوندگان حرفه‌ای استقامتیمازیار عزیزی سعادتلو^۱، احمد عبدی^{۲*}، جواد مهربانی^۳ آسیه عباسی دلویی^۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۸

چکیده



با اسکن QR فوق می‌توانید جزئیات مقاله حاضر را در سایت www.jahssp.azaruniv.ac.ir/ مشاهده کنید

هدف: فعالیت ورزشی استقامتی شدید با افزایش التهاب، احتمال بیماری قلبی-عروقی را افزایش می‌دهد. نشان داده شده مکمل‌های حاوی نیترات قادر به مهار التهاب می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر مصرف دو مقدار مکمل کافئین-آب چغندر پیش از فعالیت هوازی شدید بر سطوح سلکتین اندوتلیال (E-SELECTIN)، فاکتور تمایز رشدی-۱۵ (GDF-15) و فاکتور نکروز دهنده تومور آلفا (TNF- α) در دوندگان حرفه‌ای استقامتی بود. **روش شناسی:** در این مطالعه تجربی، ۱۰ دونده نخبه مرد (سن ۲۷/۵±۳/۸، وزن ۶۹/۹±۷/۸، شاخص توده بدنی ۲۲/۳±۱/۵ و حداکثر اکسیژن مصرفی ۵۲/۲±۴/۶) انتخاب و به صورت دوسوکور و تصادفی معکوس در سه شرایط ۱، ۲ و ۳ به مدت هفت روز و با فاصله ۲ هفته اجرا شد، مورد مطالعه قرار گرفتند؛ ۱: دوز بالا (۹/۶ میلی‌مول نیترات و ۴۰۰ میلی‌گرم کافئین)، ۲: دوز پایین (۴/۸ و ۲۰۰) و ۳: دارونما تقسیم شدند. آزمودنی‌ها روزانه ۲۵۰ سی‌سی مکمل مصرف کردند. فعالیت هوازی شدید شامل پنج کیلومتر دویدن بود. **یافته‌ها:** تعیین اثر تعاملی مداخله‌ها، شرایط مختلف و عامل زمان با آزمون‌های MANOVA تکراری و بونفرونی نشان داد مصرف مکمل آب چغندر-کافئین (اثر مداخله) پیش از فعالیت شدید هوازی اثر معناداری بر میزان E-SELECTIN و GDF-15 نداشته، ولی باعث کاهش TNF- α ($p=0/038$) شد. همچنین افزایش معنی‌داری در E-SELECTIN ($p=0/001$) و TNF- α ($p=0/004$) و GDF-15 ($p=0/024$) و E-SELECTIN ($p=0/027$) به همراه داشت؛ مصرف مکمل بعد از هفت روز (اثر زمان) سبب کاهش TNF- α ($p=0/033$)، GDF-15 ($p=0/021$) و E-SELECTIN ($p=0/004$) پس از فعالیت ورزشی شد. **نتیجه گیری:** افزایش متغیرها بعد از فعالیت و کاهش آن‌ها بعد از هفت روز مکمل‌یاری نشان داد کاهش شاخص‌های التهابی، احتمالاً بر کاهش اختلال قلبی ناشی از فعالیت ورزشی شدید موثر است.

واژه‌های کلیدی: کافئین، نیتریک اکساید، فعالیت ورزشی، اختلال قلبی، ورزشکار.

۱. دانشجوی دکتری، گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد آیت‌الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران
۲. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزش، واحد آیت‌الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران. (نویسنده مسئول): a.abdi58@gmail.com
۳. استادیار گروه فیزیولوژی ورزش، واحد گیلان، دانشگاه سراسری، گیلان، ایران
۴. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزش، واحد آیت‌الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

نحوه ارجاع: مازیار عزیزی سعادتلو، احمد عبدی، جواد مهربانی، آسیه عباسی دلویی " تاثیر کوتاه مدت دو مقدار متفاوت مکمل کافئین-آب چغندر پیش از فعالیت هوازی شدید بر TNF- α ، GDF-15 و E-SELECTIN پلاسمای خون در دوندگان حرفه‌ای استقامتی ". مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش. ۱۴۰۰: ۶۱-۷۱.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

شاپای الکترونیکی: ۶۵۰۷-۲۶۷۶

نوع دسترسی: آزاد

DOI: 10.22049/JAHSSP.2022.27580.1422

DOR: 20.1001.1.26766507.1401.9.1.6.7



و معلولی را اثبات نمی‌کند، اما دلیل دیگری برای بررسی بیشتر در مورد اینکه آیا التهاب اختلال عملکرد قلبی-عروقی ناشی از فعالیت ورزشی را ایجاد می‌کند، فراهم می‌سازد (۵). مطالعات نشان داده برخی گیاهان در کنترل آسیب قلبی از طریق تعدیل برخی شاخص‌های آسیب قلبی و سایتوکاین‌های التهابی نقش دارند. چغندر با نام علمی *Beta Vulgaris* عموماً بومی مناطق استوایی و زیر استوایی است. آب‌چغندر همچنین به عنوان درمان دارویی امیدوار کننده در طیف وسیعی از آسیب‌های بالینی مرتبط با استرس اکسیداتیو و التهاب در نظر گرفته می‌شود. مواد تشکیل‌دهنده آن، به ویژه رنگدانه‌های بتالین، نشان‌دهنده فعالیت آنتی‌اکسیدان قوی، ضدالتهابی آن می‌باشد (۶). تحقیقات اخیر نشان داده است که خواص یک رژیم غذایی غنی از غذاهای گیاهی به خصوص سبزیجات برگ سبز و سبزیجات ریشه‌ای با مقدار بالای نیترات ممکن است برای سلامت قلب و عروق مفید باشد (۷). در پژوهشی نشان داده شده که ۲۵۰ گرم چغندر پخته یا خام که به مدت ۲ هفته به افراد سالم داده می‌شود، نشانگرهای زیستی التهاب سیستمیک و اختلال اندوتلیال را از جمله *GDF-15*، *E-selectin*، *IL-6*، *TNF-α*، *hsCRP*، *ICAM-1* و *VCAM-1* را کاهش می‌دهد (۸). به طور کلی، شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد اثرات بالقوه سودمند نیترات بر روی نشانگرهای التهابی، به ویژه در افراد در معرض خطر با سطح بالای نشانگرهای التهابی مانند *CRP* وجود دارد (۹). علاوه بر این، کافئین یکی از پرکاربردترین مکمل‌های ارگوژنیک در دنیاست که به صورت مکمل غذایی مانند کپسول، قرص و پودر عرضه می‌شود. به طور خاص، کافئین به عنوان عامل تجزیه کننده چربی که برای آزاد سازی اسیدهای چرب از انبارهای ذخیره شده آن مفید است، توصیف می‌شود (۱۰). مطالعات نشان داده‌است که مصرف کافئین (۳-۶ میلی گرم) در کیلوگرم باعث کاهش روند خستگی در طی تمرین شدید می‌شود (۱۱). علاوه بر این، نشان داده شده‌است که کافئین موجب کاهش درک تلاش هنگام تمرین ورزشی بواسطه اثر ارگوژنیک از طریق حفظ و نگهداری اثر محرک کافئین بر دستگاه عصبی مرکزی می‌شود (۱۲). با توجه به نتایج پژوهش‌های انجام شده به نظر مصرف مجزای کافئین و آب‌چغندر می‌تواند شاخص‌های التهابی را از طریق مکانیزم‌های مختلف کاهش دهد، با این وجود اثر مصرف این مکمل‌ها بر التهاب و آسیب قلبی ناشی از فعالیت ورزشی شدید به خوبی مورد مطالعه قرار نگرفته است. فرض بر این است که با توجه به اثر بالقوه آب‌چغندر و کافئین به تنهایی، ترکیب این دو مکمل می‌تواند اثر هم‌افزایی داشته و با مهار التهاب ناشی از فعالیت ورزشی شدید، آسیب‌های قلبی-عروقی ناشی از این نوع فعالیت‌ها را مهار کند. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر مصرف مکمل ترکیبی کافئین-نیترات پیش از فعالیت هوازی شدید در دوندگان حرفه‌ای استقامتی بر *TNF-α*، *GDF-15*، *E-SELECTIN* و *E-SELECTIN* بود.

روش پژوهش

مقدمه

مطالعات اپیدمیولوژیکی از این نظریه حمایت می‌کنند که فعالیت‌های ورزشی منظم با شدت متوسط برای سلامتی مفید می‌باشند. با این وجود برخی مطالعات نشان داده‌اند که فعالیت‌های ورزشی شدید می‌تواند تأثیر مخالفی بر جنبه‌های مختلف سلامتی داشته باشد. مطالعات و بررسی‌های جدید، تغییرات مورفولوژیکی و تغییرات عملکرد قلبی ناشی از فعالیت ورزشی شدید را علت اصلی بیماری‌های قلبی-عروقی و مرگ ناگهانی در ورزشکاران هنگام فعالیت ورزشی گزارش کرده‌اند (۱). به نظر می‌رسد فعالیت ورزشی شدید با افزایش برخی نشانگرهای التهابی و آسیب قلبی از قبیل فاکتور تمایز رشدی-۱۵ (*GDF-15*)، سلکتین *E* (*E-SELECTIN*) و *TNF-α* همراه است. *GDF-15* یکی از اعضای خانواده فاکتور رشد β -سیتوکین بوده که در پاسخ به استرس اکسیداتیو و التهاب به شدت افزایش می‌یابد. اثرات آپوپتوزی، ضد هیپرتروفی و ضد التهابی آن در مدل‌های بیماری‌های قلبی-عروقی نشان می‌دهد که *GDF-15* ممکن است در آسیب‌های قلبی-عروقی داشته باشد. سلکتین *E* نیز مسئول آغاز چسبندگی لکوسیت‌ها به اندوتلیوم عروقی می‌باشند. افزایش سطوح مولکول‌های چسبان، موجب فعال‌سازی اندوتلیال عروقی و التهاب شده و با تسهیل چسبندگی مونوسیت‌ها، نوتروفیل‌ها و لنفوسیت‌ها به دیواره عروق باعث مهاجرت آنها به زیر اندوتلیوم می‌شود (۲). محققان بر این باورند که این مولکول‌ها به طور مستقیم در مراحل مختلف اترواسکلروز و دیگر بیماری‌های مزمن مانند دیس-لیپیدمی، اترواسکلروز، اختلالات بافت همبند و برخی سرطان‌ها نقش دارند. از این رو، افزایش مقادیر مولکول‌های چسبان می‌تواند به عنوان نشانه‌های اترواسکلروز اولیه و بیماری شریان کرونری قلب به کار می‌رود. علاوه بر این، برخی از سایتوکاین‌ها مانند فاکتور نکروز دهنده تومور آلفا (*TNF-α*) قادر به تولید آسیب میوکارد از طریق مکانیسم‌های مختلف است (۳). اثر فعالیت‌های ورزشی بر این شاخص‌ها تحت تأثیر شدت، مدت و تکرار تمرین قرار می‌گیرد. در پژوهشی نشان داده شده که نشانگرهای آسیب قلبی *GDF-15* و *E-selectin* در دوندگان استقامتی ماراتن و اولترا ماراتن پس از مسابقه افزایش پیدا کرده بود. همچنین در افرادی که در مسابقات اولترا ماراتن شرکت کردند نسبت به افرادی که در مسابقه ماراتن شرکت کردند این افزایش به میزان بیشتری بود (۴). در پژوهشی که توسط گریچ و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی رابطه بین سایتوکاین‌های التهابی و شاخص‌های اختلال عملکرد قلبی به دنبال تمرین استقامتی شدید انجام شد، نشان داده شد که *IL-10*، *IL-6* و *IL-8* نسبت به قبل از شروع مسابقه به ترتیب ۷،۱، ۸،۵ و ۲،۹ برابر افزایش داشت. همچنین افزایشی در مقادیر *GDF-15* پس از مسابقه دیده شد و اختلال عملکرد قلبی به دنبال ورزش استقامتی شدید با افزایش بیان سایتوکاین‌های التهابی همراه بود. هر چند این نتایج رابطه علت

^۱ Growth Differentiation Factor-15

این پژوهش تجربی، متقاطع، دوسوکور و کانتربالانس تصادفی بود که اثر شرایط مختلف (اثر مقدار) مصرف کوتاه مدت (۷ روز) مکمل ترکیبی و دارونما (مکمل مخلوط کافئین و آبچغندر حاوی نیترات) پیش از فعالیت هوازی بر سطوح $TNF-\alpha$ ، E-SELECTIN و GDF-15 مورد مطالعه قرار گرفت. نمونه آماری شامل ۱۰ دونده حرفه‌ای مرد سالم دارای حداقل پنج سال سابقه دویدن بودند. آزمودنی‌ها ابتدا پرسشنامه تخصصی و معاینات قلبی عروقی را تکمیل کرده و رضایت نامه کتبی را امضا کردند. مشخصات و ویژگی‌های فیزیولوژیک آزمودنی‌ها در جدول (۱) ارائه شده است. پس از جلسه آشنایی به طور تصادفی در سه شرایط: ۱) مکمل با دوز بالا (۹/۶ میلی‌مول نیترات، ۴۰۰ میلی‌گرم کافئین)، ۲) دوز پایین (۴/۸ میلی‌مول نیترات، ۲۰۰ میلی‌گرم کافئین) و ۳) دارونما (آب چغندر بدون نیترات و کافئین) تقسیم شدند.

جدول ۱. مشخصات آزمودنی‌ها و متغیرهای فیزیولوژیک

متغیر	انحراف معیار \pm میانگین
سن (سال)	۲۷/۵ \pm ۳/۸
قد (سانتی‌متر)	۱۷۶/۷ \pm ۷
وزن (کیلوگرم)	۶۹/۹ \pm ۷/۸
شاخص نمایه توده بدن (کیلوگرم/متر ^۲)	۲۲/۳ \pm ۱/۵
توده عضلانی (درصد)	۲۴/۱ \pm ۴/۳
توده چربی (درصد)	۱۴/۱ \pm ۲/۳
حداکثر اکسیژن مصرفی (ml/kg/min)	۵۲/۲ \pm ۴/۶
متابولیسم استراحتی (kcal/min)	۱/۸۹ \pm ۰/۰۷

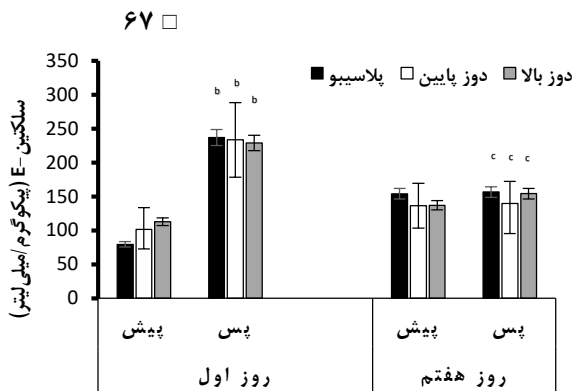
اندازه‌گیری بیوشیمیایی: غلظت پلاسمایی $TNF-\alpha$ بر حسب پیکوگرم بر میلی لیتر (pg/ml) و به وسیله کیت الایزا چین با کد کاتالوگ DY210-05 و حساسیت ۳۷/۵۰ pg/ml و محدوده تشخیص ۶۲/۵۰-۴۰۰۰ pg/ml، غلظت پلاسمایی GDF-15 بر حسب پیکوگرم بر میلی لیتر (pg/ml) به وسیله کیت الایزا با کد کاتالوگ E-EL-H0080 ساخت USA با حساسیت ۱۴/۰۶ pg/ml و محدوده تشخیص ۲۳/۴۴-۱۵۰۰ و غلظت پلاسمایی E-SELRECTIN به وسیله کیت الایزا با کد کاتالوگ E-EL-H0876 ساخت USA با حساسیت ۴۶/۸۸ pg/ml و محدوده تشخیص ۷۸،۱۳-۵۰۰۰ pg/ml اندازه‌گیری شدند.

تهیه مکمل: عصاره چغندر به صورت پودر عصاره از شرکت سان‌سی (Beet powder SunSay) که کاملاً گیاهی و ارگانیک بدون شکر، گلوتن و سایر مواد نگهدارنده و مواد شیمیایی مصنوعی بود تهیه شد. همچنین کافئین به صورت پودر ساخت شرکت کارنو تهیه شد. مکمل‌های محلول به صورت دوسوکور توسط همکار محقق در اختیار آزمودنی‌ها قرار گرفت (۱۳).

پروتکل فعالیت بدنی: دویدن پنج کیلومتر به عنوان آزمون فعالیت هوازی شدید در نظر گرفته شد. در روز اول، ضربان قلب و فشار خون قبل از آزمایش دویدن اندازه‌گیری شد. نمونه خون وریدی برای ارزیابی پایه متغیرها جمع‌آوری شد. شرکت‌کنندگان فعالیت دویدن را بعد از پنج دقیقه گرم کردن شروع کردند و در پایان، اندازه‌گیری‌ها تکرار شد. از روز دوم تا روز هشتم، مصرف مکمل به صورت متقاطع انجام شد. روند مصرف به صورت تلفنی توسط محقق کنترل می‌شد. در روز هشتم، ضربان قلب و فشار خون حالت استراحت اندازه‌گیری شد. شرکت‌کنندگان آخرین نوبت مکمل‌ها را طبق شرایط دوز مصرف، ۶۰ دقیقه قبل از دویدن شدید پنج هزار متر مصرف کردند. استراحت و توقف بین شرایط مصرف به مدت دو هفته اجرا شد و شرکت‌کنندگان در این مدت هیچ‌گونه مکملی دریافت نکردند. پس از مرحله استراحت، تمام اندازه‌گیری‌ها به صورت تصادفی معکوس و متقاطع برای دو شرایط دیگر تکرار شد. در هر مرحله اجرا، کلیه ۱۰ نفر آزمودنی شرکت داشتند و فقط شرایط مصرف متفاوت بود.

روش آماری

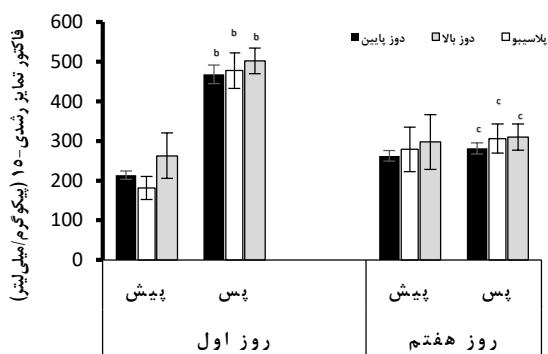
آزمودنی‌ها در صورت داشتن سابقه بیماری متابولیک، سابقه استعمال دخانیات، عدم تحمل مصرف آب چغندر، کافئین و محرک‌های طبیعی دیگر و استفاده از دارو در محدوده زمانی اجرای پژوهش از مطالعه خارج می‌شدند. به شرکت‌کنندگان برای پرهیز از مصرف داروها و مکمل‌های غذایی و برای اجتناب از مصرف غذاهای حاوی نیترات خیلی بالا، ۷۲ ساعت قبل از اجرای پروتکل آموزش داده شد (فهرستی از نام غذاهای غنی از نیترات داده شد). علاوه بر این، به شرکت‌کنندگان توصیه شد که از مصرف الکل و موادی مانند آدامس، شربت‌ها، چایی، قهوه و نسکافه و هم چنین اجرای ورزش هوازی به مدت ۲۴ ساعت پیش از پروتکل و تمرینات با وزنه ۷۲ ساعت قبل از اجرای پروتکل و خونگیری اجتناب کنند. پیش از شروع آزمون در روز جلسه آشنایی در مرکز پزشکی و سنجش آکادمی ملی المپیک، ابتدا اهداف، جزئیات و همچنین خطرات احتمالی اجرای فعالیت برای آزمودنی‌ها تشریح شد و سپس از آنها رضایت نامه کتبی دریافت شد. قد آزمودنی‌ها با دقت ۰/۱ سانتیمتر به وسیله قدسنج اندازه‌گیری و وزن و درصد چربی و سایر متغیرهای ترکیب بدنی توسط دستگاه آنالیز ترکیب بدنی (BODY COMPOSITION ANALYZER) مدل InBody 220 اندازه‌گیری شد. حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها توسط دستگاه GasAnalysor مدل



نمودار (۲): تغییرات E-SELECTIN سرمی در شرایط مختلف مکمل‌یاری

: تفاوت با پیش از دویدن ۵ کیلومتر در روز اول، c: تفاوت با پس از دویدن ۵ کیلومتر روز اول (اثر مداخله × زمان)

نتایج نشان داد که هیچ تفاوت معناداری برای GDF-15 بین شرایط سه‌گانه دریافت مکمل قبل و پس از مداخله وجود ندارد (اثر مداخله × زمان). به این مفهوم که ترکیب مکمل آب چغندر-کافئین (اثر مداخله) اثری بر سطح GDF-15 سرم ندارد ($p=0/110$). همچنین، فعالیت ورزشی سبب افزایش سطح GDF-15 ($p=0/24$) در مقایسه با لحظه شروع (اثر زمان) و سبب کاهش سطح GDF-15 در شرایط سه‌گانه مصرف مکمل (اثر مداخله × زمان) بعد از هفت روز مداخله شد ($p=0/21$).



نمودار (۳): تغییرات GDF 15 سرمی در شرایط مختلف مکمل‌یاری

b: تفاوت با پیش از دویدن ۵ کیلومتر در روز اول، c: تفاوت با پس از دویدن ۵ کیلومتر روز اول (اثر مداخله × زمان)

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد ترکیب مکمل آب چغندر با کافئین اثر معنی داری بر سطح GDF-15 و E-SELECTIN پلاسما ندارد. نتایج یافته‌های روکدال لاسج^۲ و همکاران (۱۴)، بالسالوبره

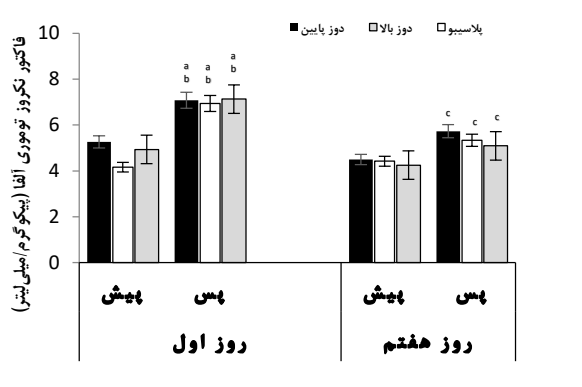
². Rokkedal-Lausch

تأثیر کوتاه مدت دو مقدار متفاوت ...

جهت تعیین اثر تعاملی مداخله‌ها، عامل زمان روی متغیرهای مورد نظر از آزمون MANOVA با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ انجام و سطح معنی‌داری در تمام مراحل $p < 0/05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

نتایج نشان داد تفاوت معناداری در TNF- α بین سه شرایط دریافت مکمل آب چغندر-کافئین (اثر مداخله) قبل و پس از مصرف (اثر زمان) وجود دارد و به این مفهوم است که مکمل‌یاری بر سطح TNF- α تأثیر دارد ($p=0/38$). همچنین، فعالیت ورزشی سبب افزایش سطح TNF- α ($p=0/001$) در مقایسه با قبل فعالیت (اثر زمان × مداخله) و سبب کاهش سطح TNF- α در هر سه وضعیت مصرف مکمل بعد از هفت روز مداخله شد ($p=0/33$).



نمودار (۱): تغییرات TNF- α سرمی در شرایط مختلف مکمل‌یاری

a: تفاوت با روز اول، b: تفاوت با پیش از دویدن ۵ کیلومتر در روز اول، c: تفاوت با پس از دویدن ۵ کیلومتر روز اول (اثر مداخله × زمان)

از سوی دیگر، نتایج نشان داد که تفاوت معناداری برای E-SELECTIN بین شرایط سه‌گانه دریافت کننده مکمل قبل و پس از مداخله وجود ندارد (اثر مداخله × زمان) و به این مفهوم است که ترکیب مکمل آب چغندر-کافئین (اثر مداخله) بر سطح E-SELECTIN سرم تأثیر ندارد ($p=0/699$). به علاوه، فعالیت ورزشی سبب افزایش سطح E-SELECTIN ($p=0/47$) در مقایسه با لحظه شروع (اثر زمان) و سبب کاهش سطح E-SELECTIN در شرایط سه‌گانه مکمل‌یاری بعد از هفت روز مداخله (اثر مداخله × زمان) مصرف مکمل شد ($p=0/04$).



اکسایشی پس از یک جلسه فعالیت حاد ورزشی شامل دوهای سرعتی تکراری در افراد تمرین کرده توسط دمینیچ^۱ و همکاران (۱۹) گزارش شده است. به علاوه افزایش سطح $TNF-\alpha$ پس از یک جلسه فعالیت مقاومتی با شدت بالا (۸۵-۸۰ درصد یک تکرار بیشینه) در زنان جوان کم تحرک، پس از ۳۰ کیلومتر پیاده روی در مردان و زنان میانسال (۲۰)، و یا متعاقب یک جلسه پیاده روی تناوبی پر شدت (۵ دقیقه با شدت ۸۰ درصد حداکثر توان هوازی با ۳ تکرار) و یا ۳۰ دقیقه پیاده روی مداوم با شدت ۳۰ درصد حداکثر توان هوازی در مردان جوان (۲۱)، گزارش شده است. تغییرات ناشی از فعالیت ورزشی در سایتوکاین‌ها بستگی به مدت زمان و شدت ورزش دارد و می‌تواند بیانگر واکنش التهابی ناشی از آسیب عضلات باشد (۲۰). به نظر می‌رسد پروتئین‌های که از عضلات آسیب دیده آزاد می‌شوند با گلبول‌های سفید و سایر سلول‌ها مثل فیبروبلاست‌ها برخورد کرده و منجر به رها شدن سایتوکاین‌ها می‌شوند. این مکانیسم، توجیه می‌کند که فقط ورزش‌های شدید یا ورزش‌هایی که باعث صدمات عضلانی می‌شوند با افزایش غلظت سایتوکاین‌ها همراه هستند. همچنین افزایش دمای بدن موجب رهایش کاتکولامین‌ها شده و این هورمون‌ها با فراخوانی و فعال کردن سلول‌های ایمنی به صورت غیرمستقیم در آزادسازی سایتوکاین‌ها در حین و پس از ورزش شرکت می‌کنند (۲۲). همچنین اسکات^۲ و همکاران نیز گزارش دادند که سطح TNF متعاقب ۶۰ دقیقه دویدن با شدت‌های ۵۵، ۶۵ و یا ۷۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی، افزایش اندکی یافت، اما بعد از یک هفته سطح TNF کاهش معنی‌داری نشان داد.

لذا می‌توان پیشنهاد داد که شدت‌های متوسط و زیاد تمرینات تخصصی برای ورزشکاران رشته‌های خاص ورزشی استقامتی ممکن است به پاسخ مشابهی در التهاب منجر شود و بیان افزایشی اینترلوکین ۶ در عضلات اسکلتی در طول انقباضات شدید عضلانی می‌تواند افزایش تولید TNF را مهار نماید (۲۳).

علاوه بر این نتایج نشان داد که ترکیب مکمل آب چغندر با کافئین باعث کاهش معنی‌داری در سطح $TNF-\alpha$ شده است. مطالعه دیگری هم نشان داد که مکمل‌های حاوی نیترات سدیم و کافئین منجر به کاهش $TNF-\alpha$ پلاسما می‌شود (۲۴). مطالعات ارتباط مثبت و معنی‌داری را بین استرس اکسیداتیو، التهاب، شاخص‌های آسیب عروقی و اختلال عملکرد اندوتلیال و سختی شریان نشان دادند (۲۵). نیترات غذایی به عنوان یک منبع برای نیتریک‌اکساید (NO) و دیگر اکسیدهای نیتروژن می‌باشد. NO در انسان سبب کاهش فشار خون، مهار تجمع پلاکتی و محافظت کننده عروق می‌باشد که این اثرات موجب کاهش بیماری‌های قلبی-عروقی می‌شود (۲۶). مطالعات اخیر نشان داده است که در رژیم غذایی با دوز بالای نیترات، می‌تواند وضعیت اندوتلیال را بهبود بخشد (۲۶). بنابراین استفاده از مکمل کافئین-آب‌چغندر می‌تواند ضمن ایجاد سازگاری عضلانی، مانع

فرزاندز^۳ و همکاران (۱۵) نشان داد که مکمل آب چغندر با کافئین فقط منجر به بهبود قدرت، عملکرد ورزشی و بهبود زمان خستگی در ورزشکاران می‌شود و تاثیری بر شاخص‌های قلبی عروقی ندارد، که با نوعی با نتایج پژوهش حاضر همسو می‌باشد. برخلاف یافته پژوهش حاضر، بورسما^۴ و همکاران (۱۳) و وارون^۵ و همکاران (۱۶) نشان دادند مکمل آب چغندر باعث کاهش شاخص‌های آسیب قلبی عروقی در حالت استراحت و در حین ورزش هوازی در ورزشکاران می‌شود. از دلایل تناقض یافته‌های این مطالعات با نتایج این پژوهش می‌توان به تفاوت‌ها در شرایط مختلف مکمل‌یاری در این مطالعه، روش ارزیابی یا طرح مطالعاتی، مقادیر پایه این شاخص، نوع، شدت، طول مدت دوره و مقدار دوز مصرف مکمل اشاره کرد. شواهد نشان می‌دهد هر قدر مقادیر پایه شاخص‌های التهابی بیشتر باشد، تاثیر تمرین و مکمل بر این شاخص‌ها نیز بارزتر است. در این پژوهش چون آزمودنی‌ها، ورزشکار حرفه‌ای، سالم و به دور از هر گونه بیماری بودند و نیز مقدار BMI آن‌ها بیانگر عدم افزایش وزن و چاقی افراد است، احتمالاً مقادیر پایه این شاخص‌ها در این آزمودنی‌ها کمتر از حدی بود که مکمل بتواند پس از هفت روز تاثیرگذار باشد.

از سوی دیگر نتایج نشان داد فعالیت ورزشی سبب افزایش سطح $GDF-15$ در مقایسه با لحظه شروع و سبب کاهش سطح $GDF-15$ در هر سه وضعیت مصرف بعد از هفت روز مداخله شد. کلینرت^۶ و همکاران (۲۰۱۸) افزایش سطوح گردشی $GDF-15$ را در پاسخ به یک ساعت فعالیت ورزشی دوچرخه زیربیشینه در انسان گزارش کردند (۱۷). همچنین تچونو^۷ و همکاران (۲۰۱۹) نیز افزایش سطوح پلاسمایی $GDF-15$ را پس از ۲۴۶ کیلومتر دویدن در مسابقه اسپارلتون گزارش کردند، اما یک هفته فعالیت باعث کاهش $GDF-15$ در آزمودنی‌ها شد (۱۸). که با نتایج پژوهش حاضر همسو است. عوامل زیادی می‌تواند بر تغییر $GDF-15$ بعد از فعالیت‌های ورزشی تاثیر داشته باشد. افزایش میزان پلاسمایی $GDF-15$ در پاسخ به ورزش می‌تواند به علت افزایش فشار پرشدن بطنی، کشش عضلات قلبی و انبساط سرخرگ‌ها به علت افزایش حجم خون مرکزی و افزایش فشار سرخرگی طی فعالیت ورزشی باشد. بنابراین میزان غلظت پلاسمایی $GDF-15$ می‌تواند به عنوان یک ابزار مناسب برای تفاوت قائل شدن بین تغییرات فیزیولوژیکی و پاتولوژیکی قلبی ایجاد شده در ورزشکاران و بیماران قلبی عروقی بکار رود.

همچنین نتایج نشان داد فعالیت ورزشی سبب افزایش سطح $TNF-\alpha$ در مقایسه با لحظه شروع و سبب کاهش سطح $TNF-\alpha$ در هر سه وضعیت مصرف مکمل بعد از هفت روز مداخله شد. مشابه با یافته‌های تحقیق حاضر، افزایش سطح $TNF-\alpha$ همراه با افزایش سطوح

³ Balsalobre-Fernández

⁴ Boorsma

⁵ Vernon

⁶ Kleinert

⁷ Tchou

^۱ Deminice

^۲ Scott



شدید حاد یا فعالیت‌های بی‌هوازی و برون‌گرا (۱۲) بوده‌اند که ممکن است ناشی از استرس‌های مکانیکی و افزایش فعالیت پلاکتی باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد ترکیب مکمل آب‌چغندر با کافئین اثر معنی‌داری بر سطح GDF-15 و E-SELECTIN پلاسما ندارد، اما باعث کاهش معنی‌داری در سطح TNF- α شد. همچنین فعالیت ورزشی سبب افزایش سطح E-SELECTIN، TNF- α و GDF-15 در مقایسه با لحظه شروع و سبب کاهش سطح این متغیرها در هر سه وضعیت مصرف مکمل بعد از هفت روز مداخله شد. با توجه به افزایش میزان پلاسمایی E-SELECTIN، GDF-15، TNF- α بلافاصله پس از انجام مداخله ورزشی و کاهش معنی‌دار پس از هفت روز مداخله، می‌توان گفت با توجه به تردیدهایی که درباره افزایش این شاخص‌ها پس از فعالیت‌های ورزشی وجود دارد، به نظر نمی‌رسد که فعالیتی با چنین ماهیت زمانی و شدتی منجر به آسیب شود. با این حال، شدت بیشتر در مسابقات و اثر تکرار این الگوی تمرینی در بلندمدت را نمی‌توان نادیده گرفت و پیشنهاد می‌گردد در کنار تفسیر نتایج مطالعاتی میزان پلاسمایی E-SELECTIN، GDF-15، TNF- α در ورزشکاران، بررسی‌های همه جانبه کاردیولوژیکی انجام پذیرد و عوامل فیزیولوژیکی موثر در ترشح این نشانگرها را در دیگر فعالیت‌های ورزشی استقامتی بررسی کنند تا اطلاعات دقیق‌تری از عملکرد فیزیولوژیکی قلبی ورزشکاران هنگام فعالیت‌های ورزشی استقامتی به دست آید.

همچنین با توجه به عدم تأثیر معنی‌دار مکمل کافئین-آب چغندر بر GDF-15 و E-SELECTIN و کاهش معنی‌دار این مکمل بر TNF- α پس از تمرینات شدید و کوتاه بی‌هوازی، نمی‌توان با اطمینان در مورد مصرف مکمل کافئین-آب چغندر برای کنترل عوامل التهابی پس از تمرینات شدید بی‌هوازی اظهار نظر کرد. قابل ذکر است که اثر بخشی مکمل کافئین-آب چغندر با عوامل متعددی همچون طول دوره مکمل‌یاری، مقدار مکمل قبل از فعالیت ورزشی، دوز مصرف، طول دوره فعالیت ورزشی، وضعیت آمادگی بدنی آزمودنی‌ها، شرایط تغذیه‌ای، وضعیت تمرینی آزمودنی‌ها، میزان آشنایی آزمودنی‌ها با نوع فعالیت ورزشی و نیز اثر مصرف مکمل پاسخ سایتوکاین‌ها با عواملی همچون دوره مکمل‌یاری، مقدار مکمل قبل از فعالیت ورزشی، اندازه و سرعت جذب مکمل‌ها هنگام فعالیت ورزشی، رژیم غذایی آزمودنی‌ها قبل و هنگام مطالعه و وضعیت تمرینی آزمودنی‌ها و ترکیبی از عوامل فوق ارتباط دارد (۳۰). با این حال، مصرف این مکمل به دلیل داشتن خاصیت ضد اکسایشی و یافته‌های مبتنی بر مطالعات قبل، احتمالاً برای ورزشکارانی که سخت‌ترین می‌کنند، تا حدودی مفید خواهد بود. احتمالاً برای تبیین دقیق‌تر اثر این مکمل ترکیبی در زمینه آثار ارگوژنیک و ضد التهابی کافئین-آب چغندر نیاز به مطالعات بیشتری می‌باشد. از

افزایش شاخص‌های آسیب سلولی شود. به واسطه فلاوونوئیدها و ویتامین‌های موجود در این مکمل، تعدیل و تقویت سیستم ایمنی از طریق تولید بیشتر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی هم صورت می‌گیرد. همچنین این مکمل می‌تواند اثرات اکسایشی تمرین را از طریق کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و کربونیل‌شدن پروتئین‌ها اعمال کند (۲۷). البته اثرات ضدالتهابی آن هنوز نامشخص است. لذا سازگاری تمرینی و وجود فلاوونوئیدها و آنتوسیانین در این مکمل به عنوان یک مکمل طبیعی و آنتی‌اکسیدانی موجب تقویت سیستم ایمنی شده است. بنابراین پیشنهاد می‌شود هنگام فعالیت‌های ورزشی به خصوص پروتکل‌های استقامتی برای کاهش آسیب‌های ناشی از انقباضات بهتر است از این مکمل استفاده شود.

از دیگر نتایج به دست آمده، افزایش سطح E-SELECTIN در مقایسه با لحظه شروع و کاهش سطح E-SELECTIN در هر سه وضعیت مصرف مکمل بعد از هفت روز مداخله ورزش استقامتی می‌باشد. جی و جین^{۱۱} (۲۰۱۲) افزایش مقادیر E-SELECTIN را در ۲۴ مرد میانسال طی ۳۰۸ کیلومتر دو فوق‌ماراتن، پس از طی ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۸ کیلومتر گزارش کردند (۲۸). همچنین تونجس^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که ۴ هفته تمرین بدنی شدید به افزایش محتوای پلاسمایی E-SELECTIN منجر می‌شود (۲۹). با این وجود برخی مطالعات نشان داده که تمرین ورزشی منظم با کاهش تحریک سمپاتیکی و افزایش سایتوکاین‌های التهابی، رهایش میانجی‌های التهابی IL- β 1 و TNF- α از بافت چربی را مهار کرده و به دنبال آن غلظت E-SELECTIN کاهش می‌یابد (۲۰). تأثیرات آنتی‌اکسیدانی فعالیت ورزشی استقامتی با شدت متوسط سازوکاری است که التهاب و اختلالات اندوتلیال را کاهش می‌دهد و با افزایش ظرفیت دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن، سبب کاهش استرس اکسایشی می‌شود. با کاهش تولید رادیکال‌های آزاد، بیان ژنی سایتوکاین‌های پیش‌التهابی مانند فاکتور تومور نکروز TNF- α را کاهش می‌دهد و از آنجا که در پاسخ به سایتوکاین‌های التهابی به خصوص TNF- α در سلول‌های التهابی اندوتلیال E-SELECTIN بیان می‌شود، با کاهش TNF- α مقدار E-SELECTIN کاهش می‌یابد. علاوه بر این TNF- α در بافت چربی نیز تولید و رها می‌شود و تمرینات استقامتی با شدت متوسط می‌تواند با کاهش ذخیره چربی، ترشح سایتوکاین‌هایی همچون TNF- α را کاهش دهد (۲۳). به علاوه کاهش E-SELECTIN بر اثر تمرینات استقامتی ممکن است به کاهش پروتئین واکنشی C مربوط باشد (۲۳). یافته‌های پژوهش حاضر با گزارش‌های قبلی مبنی بر آنکه فعالیت استقامتی منظم با مقادیر کمتر E-SELECTIN همراه است (۲۰). نتایج پژوهش‌های هائمی جی و یانگسوجین (۲۰۱۲) و آنک توجنس و همکاران (۲۰۱۷) با نتایج پژوهش حاضر درباره مقادیر E-SELECTIN ناهمسوست (۲۸)، (۲۹). این افزایش و التهابات اغلب زودگذر است و متعاقب فعالیت

^{۱۱} Jee & Jin

^{۱۱} Tonjes

Omega-3 Consumption. *Journal of Sport Biosciences*. 2012;4(10):77-94. [In Persian]

9. Raubenheimer K, Bondonno C, Blekkenhorst L, Wagner K-H, Peake JM, Neubauer O. Effects of dietary nitrate on inflammation and immune function, and implications for cardiovascular health. *Nutrition reviews*. 2019;77(8):584-99.

10. Clifford T, Howatson G, West DJ, Stevenson EJ. The potential benefits of red beetroot supplementation in health and disease. *Nutrients*. 2015;7(4):2801-22.

11. Vieira JM, Gutierrez JM, Carvalho FB, Stefanello N, Oliveira L, Cardoso AM, et al. Caffeine and high intensity exercise: Impact on purinergic and cholinergic signalling in lymphocytes and on cytokine levels. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2018;108:1731-8.

12. Handzlik MK, Gleeson M. Likely additive ergogenic effects of combined preexercise dietary nitrate and caffeine ingestion in trained cyclists. *International Scholarly Research Notices*. 2013;14:2013:396581.

13. Boorsma RK, Whitfield J, Spriet LL. Beetroot juice supplementation does not improve performance of elite 1500-m runners. *Med Sci Sports Exerc*. 2014;46(12):2326-34.

14. Rokkedal-Lausch T, Franch J, Poulsen MK, Thomsen LP, Weitzberg E, Kamavuako EN, et al. Chronic high-dose beetroot juice supplementation improves time trial performance of well-trained cyclists in normoxia and hypoxia. *Nitric Oxide*. 2019;85:44-52.

15. Balsalobre-Fernández C, Romero-Moraleda B, Cupeiro R, Peinado AB, Butragueño J, Benito PJ. The effects of beetroot juice supplementation on exercise economy, rating of perceived exertion and running mechanics in elite distance runners: A double-blinded, randomized study. *PloS one*. 2018;13(7):e0200517.

16. Bond V, Curry BH, Adams RG, Asadi MS, Stancil KA, Millis RM, et al. Effects of nitrate supplementation on cardiovascular and autonomic reactivity in African-American females. *International Scholarly Research Notices*. 2014;23:2014:676235.

17. Kleinert M, Clemmensen C, Sjøberg KA, Carl CS, Jeppesen JF, Wojtaszewski JF, et al. Exercise increases circulating GDF-15 in humans. *Molecular metabolism*. 2018;9:187-91.

18. Tchou I, Margeli A, Tsironi M, Skenderi K, Barnet M, Kanaka-Gantenbein C, et al. Growth-differentiation factor-15, endoglin and N-terminal pro-brain natriuretic peptide induction in athletes participating in an ultramarathon foot race. *Biomarkers*. 2009;14(6):418-22.

19. Deminice R, Rosa FT, Franco GS, Jordao AA, de Freitas EC. Effects of creatine supplementation on oxidative stress and inflammatory markers after repeated-sprint exercise in humans. *Nutrition*. 2013;29(9):1127-32.

20. Terink R, Bongers C, Witkamp R, Mensink M, Eijsvogels T, Klein Gunnewiek J, et al. Changes in cytokine levels after prolonged and repeated moderate intensity exercise in middle-aged men and women. *Translational Sports Medicine*. 2018;1(3):110-9.

21. Brown M, McClean CM, Davison GW, Brown JC, Murphy MH. The acute effects of walking exercise intensity on systemic cytokines and oxidative stress.

محدودیت‌های این پژوهش کم بودن تعداد نمونه‌ها، مدت زمان مداخله ورزشی، عدم کنترل حالات روانی و انگیزه آزمودنی‌ها اشاره نمود. در مجموع با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر و صرف نظر از محدودیت‌های آن و با در نظر گرفتن جوانب احتیاط می‌توان به افراد جوان ورزشکار توصیه نمود که به منظور تعدیل عوامل خطر ساز قلبی- عروقی می‌توانند از مکمل کافئین- آب چغندر استفاده کنند.

تقدیر و تشکر

این پژوهش در قالب رساله دکتری، با هزینه محققین و با تایید کمیته اخلاق در پژوهش پژوهشکده علوم ورزشی با کد IR.GUMS.REC.1398.043 ثبت شده، بدین وسیله نویسندگان تشکر و قدردانی خود را از افراد شرکت کننده در این پژوهش اعلام می‌دارند.

تعارض منافع

در این پژوهش هیچ گونه تضاد منافی برای نویسندگان وجود ندارد.

Reference

1. Khaleghifard S, Gaeini AA, Nazarali P. Effect of endurance exercise on cardiac marker and exercise-induced immune response. *Kowsar Medical Journal*. 2011;16(1):45-51. [in Persian]
2. Jafari M, Pouryamehr E, Fathi M. The effect of eight weeks high intensity interval training (HIIT) on E-selection and P-selection in young obese females. *International journal of sport studies for health*. 2018;1(1):e64336. [In Persian]
3. Li F, Yi L, Yan H, Wang X, Nie J, Zhang H, et al. High-sensitivity cardiac troponin T release after a single bout of high-intensity interval exercise in experienced marathon runners. *Journal of Exercise Science & Fitness*. 2017;15(2):49-54.
4. Yoon J, Sekhon SS, Kim Y-H, Min J. Enhanced lysosomal activity by overexpressed aminopeptidase Y in *Saccharomyces cerevisiae*. *Molecular and cellular biochemistry*. 2016;417(1):181-9.
5. Turner AP, Kivlahan DR, Haselkorn JK. Exercise and quality of life among people with multiple sclerosis: looking beyond physical functioning to mental health and participation in life. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2009;90(3):420-8.
6. Asgary S, Afshani MR, Sahebkar A, Keshvari M, Taheri M, Jahanian E, et al. Improvement of hypertension, endothelial function and systemic inflammation following short-term supplementation with red beet (*Beta vulgaris L.*) juice: a randomized crossover pilot study. *Journal of human hypertension*. 2016;30(10):627-32. [In Persian]
7. Sardeli AV, Tomeleri CM, Cyrino ES, Fernhall B, Cavaglieri CR, Chacon-Mikahil MPT. Effect of resistance training on inflammatory markers of older adults: A meta-analysis. *Experimental gerontology*. 2018;111:188-96.
8. Daryanoosh F, Mehrabani D. Evaluating Inflammatory Index Changes and Muscle Injuries in Male Mice after 8 Weeks of Aerobic Exercise and



- European journal of applied physiology. 2018;118(10):2111-20.
22. Nieman DC, Dumke CL, Henson DA, McAnulty SR, Gross SJ, Lind RH. Muscle damage is linked to cytokine changes following a 160-km race. *Brain, behavior, and immunity*. 2005;19(5):398-403.
23. Scott JP, Sale C, Greeves JP, Casey A, Dutton J, Fraser WD. Effect of exercise intensity on the cytokine response to an acute bout of running. *Medicine and science in sports and exercise*. 2011;43(12):2297-306.
24. Kapil V, Milsom AB, Okorie M, Maleki-Toyserkani S, Akram F, Rehman F, et al. Inorganic nitrate supplementation lowers blood pressure in humans: role for nitrite-derived NO. *Hypertension*. 2010;56(2):274-81.
25. Talukder MH, Johnson WM, Varadharaj S, Lian J, Kearns PN, El-Mahdy MA, et al. Chronic cigarette smoking causes hypertension, increased oxidative stress, impaired NO bioavailability, endothelial dysfunction, and cardiac remodeling in mice. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 2011;300(1):H388-H96.
26. Vanhatalo A, Bailey SJ, Blackwell JR, DiMenna FJ, Pavey TG, Wilkerson DP, et al. Acute and chronic effects of dietary nitrate supplementation on blood pressure and the physiological responses to moderate-intensity and incremental exercise. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 2010 ;299(4):R1121-31.
27. Tan D, Wang Y, Bai B, Yang X, Han J. Betanin attenuates oxidative stress and inflammatory reaction in kidney of paraquat-treated rat. *Food and Chemical Toxicology*. 2015;78:141-6.
28. Jee H, Jin Y. Effects of prolonged endurance exercise on vascular endothelial and inflammation markers. *Journal of sports science & medicine*. 2012;11(4):719.
29. Tönjes A, Scholz M, Fasshauer M, Kratzsch J, Rassoul F, Stumvoll M, et al. Beneficial effects of a 4-week exercise program on plasma concentrations of adhesion molecules. *Diabetes care*. 2007;30(3):e1-e.
30. Comparing the effect of two resistance training with and without supplement ginger on inflammatory markers. *Pejoughesh dar Pezeshki (Research in Medicine)*. 2016;40(3):118-24.