

## The Effects of Short Term Supplementation of Caffeine on the $VO_2$ max, Tumor Necrosis Factor Alpha and Interleukin 1 Beta in a Hot Climate in Military Education Center

Vahid Sobhani<sup>1</sup>, Mohammad Mehrtash<sup>1\*</sup>, Mahdi Fasihi-Ramandi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Exercise Physiology Research Center, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Molecular Biology Research Center, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 25 November 2016 Accepted: 18 June 2017

### Abstract

**Background and Aim:** The consumption of caffeine supplements has increased among athletes. This supplement has anti-inflammatory effects and can improve athletic performance. The aim of the present study was to investigate the effects of this supplement on the inflammatory responses and performance of military students in hot environments.

**Methods:** After completing the consent and health forms, 15 healthy male military students participated in the study. Subjects were randomly divided into two groups of caffeine (n=8) and placebo (n=7). They consumed 6 mg/kg of body weight caffeine and maltodextrin as placebo 90 minutes before test. Subjects performed maximal aerobic exercises (20 meter Shuttle Run exhaustive Test) in hot temperatures (38 centigrade) in summer. At the end, the maximal oxygen consumption was calculated by a formula (Number of shuttles with beeps). In order to evaluate TNF- $\alpha$  and IL-1 $\beta$ , 5 <sup>cc</sup> blood samples were collected from the brachial vein before and after test.

**Results:** The results showed that caffeine supplements significantly decreased TNF- $\alpha$  (caffeine group: 17.94 $\pm$ 5.29, placebo group: 31.38 $\pm$ 7.18) and increased  $VO_2$ max (caffeine group: 41.73 $\pm$ 2.86, placebo group: 34.88 $\pm$ 1.30). At the same time, no significant differences was seen in IL-1 $\beta$  (caffeine group: 21.52 $\pm$ 3.36, placebo group: 23.47 $\pm$ 3.16) ( $P \leq 0.05$ ).

**Conclusion:** It can be concluded that the consumption of caffeine supplements 90 minutes before exercise may decrease TNF- $\alpha$  and improve the performance in hot temperatures.

---

**Keywords:** Inflammatory Factors,  $VO_2$ max, Caffeine, Hot Temperature

## تأثیر مصرف کوتاه‌مدت مکمل کافئین بر حداکثر اکسیژن مصرفی، فاکتور نکرورز دهنده تومور آلفا و اینترلوکین ۱ بتا در شرایط آب و هوای گرم در مرکز آموزش نظامی

وحید سبحانی<sup>۱</sup>، محمد مه‌رتاش<sup>۱\*</sup>، مهدی فصیحی رمندی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> مرکز تحقیقات فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران

<sup>۲</sup> مرکز تحقیقات بیولوژی مولکولی، دانشکده علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران

### چکیده

**زمینه و هدف:** امروزه مصرف مکمل کافئین در میان ورزشکاران افزایش یافته است. این مکمل دارای اثرات ضدالتهابی است و می‌تواند عملکرد ورزشی را بهبود بخشد؛ بنابراین، در این تحقیق سعی بر آن داریم تا اثرات این مکمل را بر پاسخ‌های التهابی و عملکرد دانشجویان نظامی در یک دمای گرم مورد بررسی قرار دهیم.

**روش‌ها:** ۱۵ دانشجوی نظامی مرد سالم پس از تکمیل فرم‌های رضایت و سلامت در این مطالعه شرکت کردند. سپس آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در دو گروه کافئین (۸ نفر) و دارونما (۷ نفر) تقسیم شدند. آن‌ها میزان ۶ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن کافئین و مالتودکسترین را به‌عنوان دارونما ۹۰ دقیقه قبل از اجرای آزمون مصرف کردند. آزمودنی‌ها فعالیت هوازی بیشینه خود (آزمون وامانده ساز دوی رفت و برگشت ۲۰متر) را در دمای ۳۸ درجه در تابستان انجام دادند. سپس حداکثر اکسیژن مصرفی از طریق فرمول مربوطه (تعداد رفت و برگشت با صدای بوق) محاسبه و جهت ارزیابی TNF- $\alpha$  و IL-1 $\beta$  نمونه خونی قبل و بعد از هر آزمون به میزان ۵ سی سی از ورید بازویی آزمودنی‌ها جمع‌آوری شد.

**یافته‌ها:** نتایج تحقیق نشان داد که مکمل کافئین موجب کاهش معنی‌دار TNF- $\alpha$  (گروه کافئین: ۱۷/۹۴±۵/۲۹ و گروه دارونما: ۳۱/۳۸±۷/۱۸)، افزایش معنی‌دار حداکثر اکسیژن مصرفی (گروه کافئین: ۴۱/۷۳±۲/۸۶ و گروه دارونما: ۳۴/۸۸±۱/۳۰) شد و هیچ‌گونه تأثیر معناداری بر IL-1 $\beta$  (گروه کافئین: ۲۱/۵۲±۳/۳۶ و گروه دارونما: ۲۳/۴۷±۳/۱۶) نداشت (P≤0.05).

**نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج می‌توان نتیجه گرفت که مصرف مکمل کافئین ۹۰ دقیقه پیش از فعالیت می‌تواند منجر به کاهش TNF- $\alpha$  و بهبود عملکرد هوازی در دمای گرم شود.

**کلیدواژه‌ها:** عوامل التهابی، حداکثر اکسیژن مصرفی، کافئین، دمای گرم

## مقدمه

با توجه به توضیحات فوق، برخی تحقیقات نشان داده‌اند که مصرف کافئین در محیط گرم ممکن است بتواند خستگی در این نوع محیط را کاهش دهد. برخی از مطالعات بیان کرده‌اند که دوزهای ۵، ۶ و ۹ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن تأثیری بر بهبود عملکرد استقامتی ندارد (۱۵، ۱۶)، اما یافته‌های مطالعات دیگر حاکی از این است که مقدار ۶ میلی‌گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن می‌تواند به‌صورت ارگوژنیک عمل کند (۱۷، ۱۸).

Horrigan و همکاران مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم کافئین به مدت ۲۴ ساعت قبل از فعالیت را در افراد سالم مورد آزمایش قرار دادند و نتایج نشان داد که مقادیر TNF- $\alpha$  پس از فعالیت کاهش معناداری دارند (۱۸). Hogervorst و همکاران مصرف کافئین را قبل از دوچرخه سواری (به مدت ۲/۵ ساعت و با شدت ۶۵٪ حداکثر اکسیژن مصرفی) روی عملکرد جسمانی و ذهنی مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها مشاهده کردند که مصرف کافئین قبل از فعالیت ورزشی به صورت چشمگیری عملکرد استقامتی را بهبود می‌بخشد (۱۷). Ganio و همکاران، ۱۱ دوچرخه سوار را در دو دمای ۱۳ و ۳۳ درجه سانتی‌گراد مورد آزمایش قرار دادند و از آن‌ها خواسته شد که با شدت ۶۵٪ حداکثر اکسیژن مصرفی به مدت ۹۰ دقیقه رکاب بزنند هم چنین آزمودنی‌ها ۶۰ دقیقه قبل از انجام فعالیت و ۴۵ دقیقه پس از آن ۳ میلی‌گرم کافئین مصرف کرده بودند. در نهایت مشاهده شد که افزایش دمای محیط موجب کاهش عملکرد هوازی می‌شود، در حالی که مصرف کافئین در دمای گرم عملکرد را نسبت به گروهی که دارونما مصرف کرده بودند افزایش داده بود (۱۹). جعفری و همکاران، اثر مصرف ۱۴ روز مکمل کافئین را در ۱۸ مرد غیرورزشکار در یک فعالیت هوازی روی تردمیل با شیب منفی ۱۵ درجه و شدت ۶۵٪ حداکثر اکسیژن مصرفی روی عوامل التهابی مورد بررسی قرار دادند. نمونه‌های خونی در حالت پایه، قبل، بلافاصله و ۲۴ ساعت بعد از فعالیت جمع‌آوری شدند. آن‌ها در نهایت بیان کردند که مصرف ۱۴ روز مکمل کافئین می‌تواند عوامل التهابی (CRP و لکوسیتوز) را کاهش دهد (۲۰). Hodgson و همکاران تأثیر مصرف ۵ میلی‌گرم کافئین را ۱ ساعت قبل از فعالیت هوازی (۴۵ دقیقه رکاب زدن با شدت ۵۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی) مورد مطالعه قرار دادند و در نهایت نتیجه گرفتند که مصرف کافئین قبل از فعالیت هوازی به‌صورت چشمگیری استقامت هوازی را بهبود می‌بخشد (۲۱). Barcelos و همکاران اثر مصرف مزمن کافئین را بر عوامل التهابی رت‌های نر مورد بررسی قرار دادند. بر همین اساس رت‌ها به گروه‌های کنترل، کافئین (۶ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن)، ورزش (چهار هفته شنا کردن) و کافئین و ورزش تقسیم شدند. در پایان تحقیق، محققان به این نتیجه دست یافتند که مصرف کافئین نقش برجسته‌ای در بهبود عوامل ضدالتهابی دارد و می‌تواند نقش درمانی در بهبود سلامتی داشته باشد (۲۲).

امروزه مکمل‌های غذایی جهت افزایش عملکرد ورزشی به صورت روزافزونی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مکمل‌ها در صورتی مفید واقع می‌شوند که به‌درستی مصرف شوند (۱). از سوی دیگر، به دلیل نقش کافئین در کاهش خستگی و تقویت عملکرد عضلات، استفاده از این مکمل توسط مربیان و ورزشکاران رو به افزایش است (۲). هنگامی که ورزشکار به سطح فراتر از حد فیزیولوژیک خود قدم می‌گذارد، با خطر خستگی روبه‌رو می‌شود. خستگی یکی از فرایندهای عضلانی است که در نتیجه آن عملکرد سیستم‌های متابولیکی و عصبی-عضلانی برای استمرار فعالیت کاهش یافته و فرد دیگر نمی‌تواند فعالیت خود را برای مدت طولانی ادامه دهد (۳). این پدیده، حالت ناخوشایندی است که می‌تواند در فعالیت‌های بیشینه و زیر بیشینه رخ دهد. همراه با بروز خستگی دقت در عملکرد افراد تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۴) که با کاهش کارایی جسمی و ذهنی ورزشکار همراه است (۵).

علاوه بر پیامدهای مثبتی که فعالیت‌های ورزشی برای بدن انسان به همراه دارند متأسفانه ماهیت، شدت و مدت فعالیت‌ها نیز ممکن است بدن افراد را در معرض خطر آسیب دیدگی بافتی و تضعیف سیستم ایمنی قرار دهد (۶). همچنین، فعالیت‌های بدنی با شدت بالا و طولانی مدت (تمرینات طاقت فرسای نیروهای نظامی) می‌توانند با افزایش رادیکال‌های آزاد، باعث آسیب سلولی شوند (۷). این فرایند موجب افزایش سایتوکاین‌های مختلفی می‌شود (۸) که موجب افزایش آبشارهای التهابی از جمله TNF- $\alpha$  و اینترلوکین-۱ بتا (IL-1 $\beta$ ) می‌شود. این عوامل آزادسازی اینترلوکین-۶ را تحریک می‌کنند. محققان نتیجه‌گیری کرده‌اند که فعالیت‌های بدنی به‌ویژه فعالیت‌های با شدت بالا باعث ایجاد التهاب می‌شوند (۹).

فعالیت‌های ورزشی حاد و شدید و یا تمرینات هوازی طولانی مدت ممکن است منجر به آسیب دستگاه ایمنی شده و سرانجام به افزایش آسیب پذیری فرد و التهاب حاد منجر شوند و در صورتی که التهاب برای دوره طولانی ادامه یابد تبدیل به التهاب مزمن می‌شود (۷). از سوی دیگر، تحقیقات مختلف نشان می‌دهند که سطح استرس عامل مهمی در واکنش‌های داخلی بدن می‌باشد؛ که تغییرات محیطی یکی از انواع این استرس‌ها هستند. تغییر در دمای محیط، می‌تواند بر عملکرد بدنی تأثیر گذار باشد. مشخص شده است که تحمل انجام فعالیت ورزشی در محیط گرم نسبت به محیط سرد پایین‌تر است (۱۰). استرس گرمایی می‌تواند باعث ایجاد اختلال در سلامتی افراد مواجهه یافته با گرما شود (۱۱). در یک مطالعه مشاهده شد که فعالیت ورزشی در محیط گرم موجب افزایش CRP می‌شود که این افزایش در هر دو شرایط حاد و مزمن مشاهده گردیده است (۱۲، ۱۳). همچنین بیان شده است که سیستم ایمنی می‌تواند در فشارهای متفاوت از جمله دما، ارتفاع و محیط‌های استرس‌زا تحت تأثیر قرار گیرد (۱۴).

کردند. دوز مکمل کافئین بر اساس مطالعات قبل انتخاب شد و بدون مسمومیت همراه بود (۱۹). از تمامی آزمودنی‌ها خواسته شد تا غذای خود را به مدت ۲۴ ساعت قبل از آزمون ثبت نمایند تا در صورت مشاهده مصرف مواد غذایی حاوی کافئین، آنها از تحقیق خارج شوند. متأسفانه میزان خواب آزمودنی‌ها غیر قابل کنترل بود و جز محدودیت‌های تحقیق قرار گرفت. یک جلسه قبل از انجام طرح آزمودنی‌ها جهت آشنایی با مراحل آزمون و اندازه‌گیری ویژگی‌های اولیه در سالن چندمنظوره دانشگاه حضور یافتند (جدول-۱). آزمودنی‌ها در محیط با دمای گرم ۳۸ درجه سانتی‌گراد (در فصل تابستان در محیط باز) فعالیت هوازی و امانده ساز شاتل بیست متر را اجرا نمودند. نمونه خونی قبل از انجام فعالیت (میزان پایه) و بلافاصله بعد از هر آزمون به میزان ۵ سی سی از ورید بازویی آنها توسط پزشک جمع‌آوری شد (۲۵) و سپس در آزمایشگاه بیوشیمی مقادیر سرمی TNF- $\alpha$  و IL-1 $\beta$  با استفاده از کیت‌های آزمایش ویژه ارزیابی شدند. برای ارزیابی فاکتورهای TNF- $\alpha$ ، IL-1 $\beta$  از کیت شرکت COHESION BIOSCIENCES (CEK1200 و CEK1347) از کشور انگلیس و با دقت ۱ pg/ml و بر طبق دستورالعمل آنها به روش الایزا استفاده شد. همچنین میزان حداکثر اکسیژن مصرفی هر فرد پس از پایان فعالیت و امانده ساز توسط فرمول مربوطه آزمون شاتل ۲۰ متر محاسبه شد.

**تجزیه و تحلیل داده‌ها:** از روش‌های آمار توصیفی جهت مرتب کردن داده‌ها استفاده شد. پس از بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از طریق آزمون کولموگروف اسمیرنوف، برای مقایسه متغیرهای پژوهش در دو گروه مداخله و کنترل از آزمون آنوا استفاده گردید. از نرم افزار SPSS نسخه ۱۸ برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد و سطح معنی‌داری  $\alpha=0.05$  در نظر گرفته شد. تمامی نمودارها و جداول توسط نرم افزار Excel طراحی گردید.

**ملاحظات اخلاقی:** آزمودنی‌ها اگر به هر دلیلی قادر به انجام فعالیت نبودند، می‌توانستند انصراف داده و جلسات برگزار را ادامه ندهند. حفظ کامل تمامی اطلاعات مربوط به آزمودنی‌ها و تجزیه و تحلیل داده‌ها بصورت محرمانه، انتشار اطلاعات به صورت گروهی و بدون ذکر نام، از اقدامات لازم جهت رعایت ملاحظات اخلاقی در پژوهش حاضر می‌باشند.

با توجه به تحقیقات صورت گرفته مطالعه‌ای که تاثیر کافئین را بر عوامل التهابی مورد بررسی قرار داده باشد، مشاهده نگردید. همچنین، از آنجا که فعالیت ورزشی برای نیروهای نظامی امری اجتناب ناپذیر است و آنها می‌بایست در فصول مختلف، فعالیت‌های طاقت فرسا و طولانی مدتی را انجام دهند و از سوی دیگر، اثرات کاهش خستگی و بهبود سطح سلامت توسط مصرف کافئین احتمال می‌رود که مصرف کافئین در دمای گرم بتواند سطح سلامت و عملکرد نیروهای نظامی را ارتقا بخشد. در نهایت به دلیل عدم مطالعات کافی در زمینه اثر کافئین بر پاسخ‌های التهابی و عملکرد، در این مطالعه سعی بر آن شد تا تأثیر مصرف کوتاه مدت مکمل کافئین را بر شاخص‌های التهابی و عملکرد دانشجویان نظامی در فصل تابستان مورد بررسی قرار دهیم تا شاید نتایج این تحقیق بتواند در بهبود عملکرد و ارتقا سطح سلامت نیروهای نظامی کشور مفید واقع شود و مسیر تحقیقاتی جدیدی پیش روی محققین قرار دهد.

## روش‌ها

این مطالعه به صورت نیمه تجربی (Quasi-Experimental) و دوسوی کور انجام شد. جامعه آماری این تحقیق دانشجویان نظامی مرد تمرین نکرده (فعالیت ورزشی کمتر از ۳۰ دقیقه به مدت ۳ روز در هفته) (۲۳) با دامنه سنی ۱۸ تا ۲۴ سال بود. این مطالعه در مرداد ماه سال ۱۳۹۴ در یکی از مراکز نظامی شهر تهران اجرا گردید. ۱۸ نفر از دانشجویان مرد نظامی در سالن چند منظوره حضور یافتند و پس از تکمیل پرسشنامه سلامت (PAR-Q) توسط آزمودنی‌ها، ۳ نفر به علت مصرف داروهای درمانی و آسیب مفصلی از شرکت در مطالعه منع شدند و در نهایت ۱۵ دانشجوی سالم که سابقه هیچ گونه بیماری اسکلتی، متابولیک و ایمنی را نداشتند و در زمان اجرای آزمون دارو و مکمل غذایی مصرف نمی‌کردند، به صورت نمونه در دسترس انتخاب و فرم رضایت‌نامه توسط آنها تکمیل شد. اجرای تحقیق توسط کمیته اخلاق دانشگاه با کد IR,BMSU.REC.1395.181 مورد تصویب قرار گرفت. سپس آزمودنی‌ها به روش تصادفی ساده در دو گروه کافئین (۸ نفر) (۶ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن) و دارونما (۷ نفر) (مالتودکستین) تقسیم شدند (۲۴). آزمودنی‌ها به فاصله ۹۰ دقیقه قبل از انجام فعالیت هوازی بیشینه مکمل و یا دارو نما را مصرف

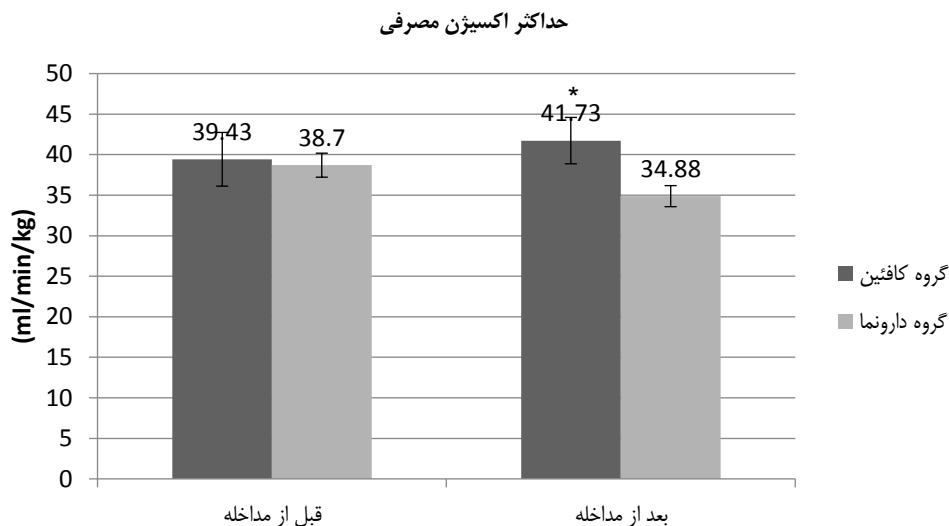
جدول-۱. ویژگی‌های جسمانی آزمودنی‌ها (میانگین  $\pm$  انحراف معیار).

متغیر	گروه	کافئین (۸ نفر)	دارونما (۷ نفر)	سطح معنی داری
سن (سال)		۲۶/۰۰ $\pm$ ۱/۸۵	۲۴/۰۰ $\pm$ ۲/۱۶	۰/۴۷۰
قد (سانتی‌متر)		۱۷۶/۶۳ $\pm$ ۵/۷۳	۱۷۶/۱۴ $\pm$ ۳/۸۴	۰/۴۰۰
وزن (کیلوگرم)		۷۴/۶۳ $\pm$ ۸/۹۱	۷۶/۴۳ $\pm$ ۴/۸۲	۰/۲۶۳
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع)		۲۳/۹۸ $\pm$ ۳/۱۹	۲۴/۶۲ $\pm$ ۱/۰۶	۰/۲۰۰
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر / کیلوگرم)		۳۹/۴۳ $\pm$ ۳/۳۱	۳۸/۷۰ $\pm$ ۱/۴۸	۰/۵۹۸

## نتایج

مشاهده نشد. بین ویژگی‌های جسمانی گروه مکمل و دارونما اختلاف معنی داری وجود نداشت. پس از انجام آزمون آماری مشاهده شد که حداکثر اکسیژن مصرفی در گروه مکمل کافئین نسبت به دارونما ( $41/73 \pm 2/86$  و  $39/43 \pm 1/30$  میلی‌لیتر در دقیقه به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن) بعد از فعالیت هوازی بیشینه به‌طور معناداری افزایش داشته است ( $p=0/001$ ) (نمودار-۱).

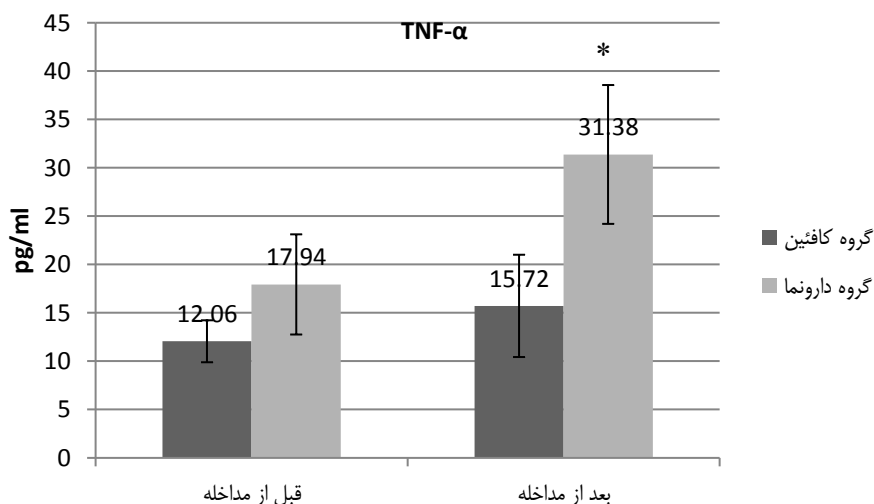
پس از انتخاب ۱۵ آزمودنی هیچ آزمودنی مراحل اجرای آزمون را ترک نکرد و تمام آزمودنی‌ها تا انتهای آزمون حضور کامل را به عمل آوردند. اطلاعات مربوط به سن، تعداد، قد، وزن و شاخص توده بدنی آزمودنی‌ها در هر یک از گروه‌های مکمل و دارونما در جدول ۱- گزارش شده‌اند که اختلاف معنی داری بین دو گروه



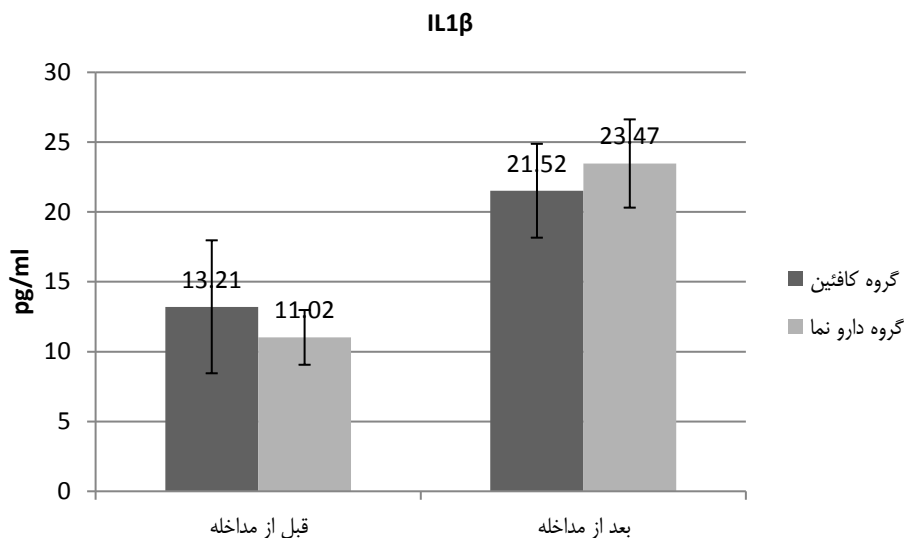
نمودار-۱. حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر در دقیقه به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن) در گروه مکمل کافئین و دارونما در قبل و بعد از مداخله. \* اختلاف معنی‌دار بین گروه مکمل و دارونما در سطح  $P=0.001$ .

اما سطح اینترلوکین-۱ بتا پلاسما در پیش از مداخله و پس از مداخله در شرایط مصرف مکمل کافئین به ترتیب ( $13/21 \pm 4/76$  و  $21/52 \pm 3/36$ ) (پیکوگرم بر میلی‌لیتر) و در شرایط دارونما به ترتیب ( $11/02 \pm 1/96$  و  $23/47 \pm 3/16$ ) (پیکوگرم بر میلی‌لیتر) بود و سطح اینترلوکین-۱ بتا بعد از فعالیت هوازی بیشینه در گروه کافئین و دارونما با یکدیگر تفاوت معناداری نداشتند ( $p=0/620$ ) (نمودار-۳).

سطح  $TNF-\alpha$  پلاسما در پیش از مداخله و پس از مداخله در شرایط مکمل کافئین به ترتیب ( $12/06 \pm 5/29$  و  $12/06 \pm 2/17$ ) (پیکوگرم بر میلی‌لیتر) و در شرایط دارونما به ترتیب ( $15/72 \pm 5/18$  و  $31/38 \pm 7/18$ ) (پیکوگرم بر میلی‌لیتر) بود (نمودار-۲). با توجه به برابری پیش‌آزمون‌ها و انجام آزمون آماری آنها مشاهده شد که سطح  $TNF-\alpha$  بعد از فعالیت هوازی بیشینه در گروه کافئین به‌طور معناداری نسبت به گروه دارونما کاهش داشته است ( $p=0/000$ );



نمودار-۲. تفاوت بین گروه مکمل و دارونما در غلظت  $TNF-\alpha$  پلاسما در قبل و بعد از مداخله (پیکوگرم بر میلی‌لیتر). \* اختلاف معنی‌دار بین گروه مکمل و دارونما در سطح  $P=0.000$ .



نمودار-۳. تفاوت بین گروه مکمل و دارونما در غلظت  $IL-1\beta$  پلاسما در قبل و بعد از مداخله (پیکوگرم بر میلی‌لیتر).  
عدم اختلاف معنی‌دار بین گروه مکمل و دارونما در سطح  $p=0.620$

## بحث

کافئین می‌تواند از طریق cAMP و فسفودی استراز موجب کاهش  $TNF-\alpha$  شود (۳۰).

اما نتایج این تحقیق با مطالعه Wright و همکاران غیرهمسو بود. بر همین اساس آنها آزمودنی‌های جوان و مسن در شرایط دمایی ۳۵ درجه به همراه رطوبت ۲۰٪ و ۶۰٪ به کار پرداختند. در نهایت بین رده‌های سنی هیچ‌گونه تفاوتی بین سطوح  $TNF-\alpha$  و اینترلوکین-۶ مشاهده نشد. محققان نتیجه گرفتند که این شرایط نمی‌تواند تأثیری بر عوامل التهابی در داشته باشد (۳۱). با توجه به اینکه دمای محیط در مطالعه Wright و همکاران ۳۵ درجه بوده و دمای تحقیق ما ۳۸ درجه سانتیگراد بود این امکان وجود دارد که دما در مطالعه Wright نتوانسته باشد آزادسازی  $TNF-\alpha$  را تحریک کرده باشد. همچنین، در مطالعه ما از مکمل کافئین استفاده شده است که این احتمال وجود دارد خواص این مکمل موجب کاهش در افزایش عوامل التهابی شده باشد.

با توجه به نتایج تحقیق ما مشخص شد که مصرف مکمل کافئین نسبت به گروه دارونما هیچ‌گونه تأثیر معناداری بر ترشح اینترلوکین-۱ تا در آزمودنی‌ها پس از یک فعالیت هوازی بیشینه در یک هوای گرم ندارد.  $IL-1$  در بروز التهاب و شروع تمامی فعالیت‌های ایمنی و تولید سایر سایتوکاین‌ها بخصوص اینترلوکین-۶ و فاکتور نکروز دهنده تومور و آزاد شدن پروتئین‌های فاز حاد نقش دارد (۳۲). بر همین اساس، نتایج این مطالعه با نتایج عیسی نژاد و همکاران همسو بود.

عیسی نژاد و همکاران تأثیر فعالیت هوازی را بر سایتوکاین‌های پیش التهابی در رت‌های تمرین کرده و تمرین نکرده مورد بررسی قرار دادند. در این آزمایش رت‌ها به مدت ۴ هفته فعالیت هوازی را انجام دادند و در مقایسه با گروه کنترل مشاهده شد که تمرینات هوازی فقط موجب افزایش پروتئین شوک حرارتی شده و تغییری در سطوح  $TNF-\alpha$  و اینترلوکین-۱ تا ایجاد نشده است

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که مصرف ۶ m/kg کافئین ۹۰ دقیقه قبل از یک فعالیت هوازی بیشینه در دمای گرم می‌تواند موجب کاهش سطوح  $TNF-\alpha$  شود. این نتایج با مطالعات Horrigan و همکاران و Cao و همکاران همسو بود (۱۸، ۲۶).  $TNF-\alpha$  توسط ماکروفاژهای ساکن بافت ترشح شده و بوسیله آسیب یا عفونت تحریک و به‌عنوان یک هشدار سریع شناخته می‌شوند. در زمان التهاب، ماکروفاژها فعال شده و بصورت موضعی  $TNF-\alpha$  و اینترلوکین-۱ ترشح می‌کنند و در نهایت موجب آزادسازی اینترلوکین‌های التهابی می‌شوند. این شرایط تنها در زمان آسیب رخ نمی‌دهد و هر زمان که بدن با شرایط استرس‌زا روبرو شود این وقایع رخ می‌دهند (۲۷). در همین زمینه Sureda و همکاران و Cosio و همکاران در مطالعات خود نشان دادند که فعالیت ورزشی در دمای گرم می‌تواند موجب ترشح فاکتورهای پیش التهابی و در نهایت وقوع التهاب شود (۲۸، ۲۹).

Horrigan و همکاران به مدت ۲۴ ساعت مصرف  $100\mu M$  کافئین را در افراد سالم نیز مورد بررسی قرار دادند و در نهایت مشاهده کردند که سطح  $TNF-\alpha$  در آزمودنی‌ها کاهش یافته بود (۱۸). متأسفانه در مطالعات انجام‌شده دمای محیط گزارش نشده و از مداخله فعالیت ورزشی نیز استفاده نشده است، اما با توجه به نتایجی که از مصرف کافئین بر شاخص‌های التهابی در شرایط بی‌حرکی گزارش شده است و استفاده از دوز بالای کافئین نسبت به مطالعات فوق این امکان می‌رود که این مکمل توانسته باشد در محیط استرس‌زا مانند گرما و فعالیت ورزشی از افزایش سطوح  $TNF-\alpha$  جلوگیری کنند. همچنین، میزان اثر بخشی این مکمل در شرایط استرس‌زا در مقایسه با شرایط غیر استرس به چه میزان باشد نیاز به تحقیقات بیشتری دارد. هر چند که بیان شده است

پژوهشگران نتیجه گرفتند که مصرف کافئین قبل از فعالیت هوازی به صورت چشمگیری استقامت هوازی را بهبود می‌بخشد (۲۱). متأسفانه در مطالعات فوق تنها Ganio تحقیق خود را در دمای ۳۳ درجه انجام داده است که با نتایج تحقیق ما همسو است؛ نتایج آنها نشان داد که عملکرد در دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد بالاتر از ۳۳ درجه سانتی‌گراد است و در نهایت نشان دادند که گروه مکمل کافئین نسبت به گروه دارونما عملکرد بهتری در دمای گرم داشتند (۳۳). لذا با توجه به تحقیقات اندک در زمینه تأثیر کافئین بر عملکرد در دمای گرم نیاز به تحقیقات بیشتر در این زمینه را افزایش می‌دهد. بر همین اساس به محققین پیشنهاد می‌شود تا تأثیر این مکمل را روی سیستم ایمنی و عملکرد بی‌هوازی در شرایط آب و هوایی گرم را مورد بررسی قرار دهند. از محدودیت‌های این پژوهش می‌توان عدم کنترل وراثت، شرایط روحی و روانی آزمودنی‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون و میزان خواب افراد را ذکر کرد.

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش، این احتمال وجود دارد که مصرف کافئین از طریق کاهش غلظت  $TNF-\alpha$  پس از فعالیت هوازی بیشینه در یک هوای گرم بتواند از آغاز التهاب جلوگیری کند. همچنین، احتمالاً کافئین از طریق مکانیسم‌های بلقوه خود توانسته است عملکرد هوازی را بهبود ببخشد. یافته‌ها نشان دادند که مصرف مکمل کافئین ۹۰ دقیقه پیش از فعالیت می‌تواند منجر به کاهش  $TNF-\alpha$  و افزایش  $VO_2max$  شود. بر این اساس می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که مصرف مکمل کافئین می‌تواند برای ورزشکاران و افراد نظامی که در دمای گرم فعالیت شدید و به ویژه وامانده ساز دارند جهت بهبود عملکرد هوازی و ارتقا سطح سلامت آن‌ها مفید باشد. همچنین، با توجه به تأثیر گرما بر آسیب‌های عضلانی و عوامل روانشناختی، به پژوهشگران پیشنهاد می‌شود تا تأثیر مکمل کافئین را روی کوفتگی تاخیری و جنبه‌های روانشناختی نیروهای نظامی در دمای گرم مورد بررسی قرار دهند.

### تشکر و قدردانی: بدین وسیله از همکاری و حسن نیت

تمامی آزمودنی‌ها در انجام این تحقیق کمال تشکر را داریم.

### تضاد منافع: بدینوسیله نویسندگان تصریح می‌نمایند که

هیچ گونه تضاد منافی در خصوص پژوهش حاضر وجود ندارد.

### منابع

1. Rebouche CJ, Lombard KA, Chenard CA. Renal adaptation to dietary carnitine in humans. The American journal of clinical nutrition. 1993;58(5):660-5.
2. Burke L, Desbrow B, Spriet L. Caffeine for sports performance: Human Kinetics; 2013.

(۳۲). در این تحقیق از مکمل کافئین استفاده نشده و از یک دوره تمرینی استفاده شده است که این امکان وجود دارد سازگاری با تمرینات توانسته باشد سطوح اینترلوکین-۱ بتا را کاهش دهد. همچنین عدم گزارش دما نیز می‌تواند مؤثر باشد. لذا با توجه به کافی نبودن مطالعات در این زمینه علت عدم افزایش اینترلوکین-۱ بتا پس از مصرف کافئین و دمای گرم واضح نیست و نیاز به تحقیقات بیشتر دارد.

حداکثر اکسیژن مصرفی، مهم‌ترین شاخص ارزیابی حداکثر توان هوازی فرد است که در یک پروتکل ۸ تا ۱۲ دقیقه‌ای تا آستانه واماندگی (در شدتی برابر با ۸۰٪ تا ۱۰۰٪  $VO_2max$ ) حاصل می‌شود (۳۳ و ۳۴). در بخش حداکثر اکسیژن مصرفی مشاهده شد گروهی که قبل از فعالیت هوازی مکمل کافئین را مصرف کرده بودند عملکرد بهتری را نسبت به گروه دارونما داشتند.

Spriet گزارش کرد که مصرف ۵، ۶ و ۹ میلی‌گرم کافئین نمی‌تواند تأثیری بر افزایش استقامت هوازی داشته باشد، اما برخی نویسندگان بیان کرده بودند که میزان ۶ mg/kg از وزن بدن موجب بهبود عملکرد هوازی در دمای گرم می‌شود (۳۵). نتایج این تحقیق با مطالعه Nieman و همکاران (۳۶)، Hogervorst و همکاران (۱۷)، Ganio و همکارانش در سال (۱۹) و Hodgson و همکاران (۲۱) همسو بود.

Hogervorst و همکاران مصرف کافئین را قبل از دوچرخه سواری (به مدت ۲/۵ ساعت و با شدت ۶۵٪  $VO_2max$ ) روی عملکرد مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها مشاهده کردند که مصرف کافئین قبل از فعالیت ورزشی به شدت عملکرد استقامتی را بهبود می‌بخشد (۱۷). Ganio و همکارانش در سال ۲۰۱۱ تأثیر دما را بر اثر بخشی کافئین مورد بررسی قرار دادند. بر همین اساس ۱۱ دوچرخه‌سوار را در دو دمای ۱۳ و ۳۳ درجه سانتی‌گراد مورد آزمایش قرار گرفتند و با شدت ۶۵٪  $VO_2max$  به مدت ۹۰ دقیقه رکاب زدند همچنین آزمودنی‌ها ۶۰ دقیقه قبل از انجام فعالیت و ۴۵ دقیقه پس از آن ۳ میلی‌گرم کافئین مصرف کرده بودند. در نهایت مشاهده شد که افزایش دمای محیط موجب کاهش عملکرد هوازی می‌شود در حالی که مصرف کافئین در دمای گرم عملکرد را نسبت به گروهی که دارونما مصرف کرده بودند افزایش داده بود (۱۹). Hodgson و همکاران تأثیر مصرف ۵ میلی‌گرم کافئین را ۱ ساعت قبل از فعالیت هوازی (۴۵ دقیقه رکاب زدن با شدت ۵۵ درصد  $VO_2max$ ) را مورد مطالعه قرار دادند و در نهایت

3. Bompa TO. Theory and methodology of training: the key to athletic performance: Kendall Hunt Publishing Company; 1994.
4. Fitts R, Balog E. The effect of intracellular and extracellular change in excitation contraction coupling and skeletal muscle fatigue. Acta physiol. 1996;3:164-83.

5. McComas AJ. Skeletal muscle: form and function: Champaign, IL: Human Kinetics; 1996.
6. Shirvani H, Rahimi M, Rostamkhani F. Effect of a Karate Competition on Indicators of Inflammation and Muscle Tissue Injury in Soldier's Karate-Ka. *Journal Mil Med*. 2015;17(3):137-43.
7. Finaud J, Scislawski V, Lac G, Durand D, Vidalin H, Robert A, et al. Antioxidant status and oxidative stress in professional rugby players: evolution throughout a season. *International journal of sports medicine*. 2006;27(02):87-93.
8. Cannon J, Blumberg JB. Acute phase immune responses in exercise. *Handbook of oxidants and antioxidants in exercise* Elsevier, Amsterdam. 2000:177-94.
9. Smith LL, Miles MP. Exercise-Induced Muscle Injury. *Exercise and sport science*. 2000:401.
10. Yang L, Tan G-Y, Fu Y-Q, Feng J-H, Zhang M-H. Effects of acute heat stress and subsequent stress removal on function of hepatic mitochondrial respiration, ROS production and lipid peroxidation in broiler chickens. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*. 2010;151(2):204-8.
11. Farhang Dehghan S, Mehri A, Golbabaie F, Beheshti MH. Heat Stress Assessment in Outdoor Workplaces of a Hot Arid Climate Based on Meteorological Data: A Case Study in Qom, Iran. *Journal Mil Med*. 2015;17(2):89-95.
12. McAnulty S, McAnulty L, Pascoe D, Gropper S, Keith R, Morrow J, et al. Hyperthermia increases exercise-induced oxidative stress. *International journal of sports medicine*. 2005;26(03):188-92.
13. Quindry JC, Miller L, McGinnis G, Kliszczewicz B, Slivka DR, Dumke C, et al. Environmental temperature and exercise-induced blood oxidative stress. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2013;23:128.
14. Romeo J, Jiménez-Pavón D, Cervantes-Borunda M, Wärnberg J, Gómez-Martínez S, Castillo M, et al. Immunological changes after a single bout of moderate-intensity exercise in a hot environment. *Journal of physiology and biochemistry*. 2008;64(3):197-204.
15. Cohen BS, Nelson AG, Prevost MC, Thompson GD, Marx BD, Morris GS. Effects of caffeine ingestion on endurance racing in heat and humidity. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1996;73(3-4):358-63.
16. Roelands B, Buysse L, Pauwels F, Delbeke F, Deventer K, Meeusen R. No effect of caffeine on exercise performance in high ambient temperature. *European journal of applied physiology*. 2011;111(12):3089-95.
17. Hogervorst E, Bandelow S, Schmitt JA, Jentjens R, Oliveira M, Allgrove JE, et al. Caffeine improves physical and cognitive performance during exhaustive exercise. 2008.
18. Horrigan L, Diamond M, Connor T, Kelly J, editors. Caffeine inhibits monocyte and neutrophil chemotaxis at concentrations relevant to normal human consumption. *Proceedings of the International Cytokine Society Annual Meeting*, Trinity College Dublin, Ireland, 20–24; 2003.
19. Ganio MS, Johnson EC, Klau JF, Anderson JM, Casa DJ, Maresh CM, et al. Effect of ambient temperature on caffeine ergogenicity during endurance exercise. *European journal of applied physiology*. 2011;111(6):1135-46.
20. Jafari A, NIK KJ, Malekirad A. Effect of short-term caffeine supplementation on downhill running induced inflammatory response in non-athletes males. 2012.
21. Hodgson AB, Randell RK, Jeukendrup AE. The metabolic and performance effects of caffeine compared to coffee during endurance exercise. *PLoS One*. 2013;8(4):e59561.
22. Barcelos RP, Souza MA, Amaral GP, Stefanello ST, Bresciani G, Figuera MR, et al. Caffeine intake may modulate inflammation markers in trained rats. *Nutrients*. 2014;6(4):1678-90.
23. Grediagin MA, Cody M, Rupp J, Benardot D, Shern R. Exercise intensity does not effect body composition change in untrained, moderately overfat women. *Journal of the American Dietetic Association*. 1995;95(6):661-5.
24. Suvi S, Timpmann S, Tamm M, Aedma M, Kreegipuu K, Ööpik V. Effects of caffeine on endurance capacity and psychological state in young females and males exercising in the heat. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2016(ja).
25. Bote ME, Garcia JJ, Hinchado MD, Ortega E. Fibromyalgia: anti-inflammatory and stress responses after acute moderate exercise. *PloS one*. 2013;8(9):e74524.
26. Cao H, Kelly MA, Kari F, Dawson HD, Urban JF, Coves S, et al. Green tea increases anti-inflammatory tristetraprolin and decreases pro-inflammatory tumor necrosis factor mRNA levels in rats. *Journal of Inflammation*. 2007;4(1):1.
27. Mackinnon LT. *Advances in exercise immunology: Human Kinetics*; 1999.
28. Cosio-Lima LM, Desai BV, Schuler PB, Keck L, Scheeler L. A comparison of cytokine responses during prolonged cycling in normal and hot environmental conditions. *Open access journal of sports medicine*. 2011;2:7-11.
29. Sureda A, Mestre-Alfaro A, Banquells M, Riera J, Drobnic F, Camps J, et al. Exercise in a hot environment influences plasma anti-inflammatory and antioxidant status in well-trained athletes. *Journal of thermal biology*. 2015;47:91-8.
30. Natella F, Nardini M, Giannetti I, Dattilo C, Scaccini C. Coffee drinking influences plasma antioxidant capacity in humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002;50(21):6211-6.
31. Wright HE, McLellan TM, Larose J, Hardcastle SG, Boulay P, Kenny GP. Are circulating cytokine responses to exercise in the heat augmented in older men? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2013;39(2):117-23.
32. eisanezhad A, Amin, Saraf H, Zahir, Mahdavi, Gharakhanlu. Effects of aerobic training on serum cytokine levels of TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6, Hsp70 in rats.



Journal of Sport Biosciences. 2013;4(15):91-106.  
33. Kenney WL, Wilmore J, Costill D. Physiology of Sport and Exercise 6th Edition: Human kinetics; 2015.  
34. Bangsbo J. 4 Physiology of training. Science and soccer. 2003:47.  
35. Spriet LL. Exercise and sport performance with low doses of caffeine. Sports medicine. 2014;44(2):175-84.

36. Nieman D, Henson D, Sampson C, Herring J, Suttles J, Conley M, et al. The acute immune response to exhaustive resistance exercise. International journal of sports medicine. 1995;16(05):322-8.