

## The Effect of Acute Caffeine Consumption in a Dehydration and Hot and Humid conditions on Aerobic Function, Blood Pressure and Some Factors of the Immune System of Active Men

Sabaei S, Sarshin A\*, Rahimi A, Feizollahi F

Department of sport sciences, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

\* *Corresponding author.* Tel: +989127675193, Fax: +982634182618, E-mail: amsarshin@gmail.com

Received: Aug 26, 2021 Accepted: Feb 19, 2022

### ABSTRACT

**Background & objectives:** Caffeine can affect many physiological functions of the body. The aim of this study was to investigate the response of aerobic function, blood pressure and some immune system factors of trained men to acute caffeine consumption in dehydrated condition and warm and humid environment.

**Methods:** Thirty male athletes with a mean age of  $26.6 \pm 3.9$  years in dehydrated conditions voluntarily participated in this study, which was performed in a double-blind manner. Subjects were divided into three groups: caffeine consumption group ( $n=10$ ), placebo group ( $n=10$ ) and control group ( $n=10$ ). The Caffeine group consumed 6 mg/kg body weight of caffeine. Sixty minutes later, the subjects performed an increasingly exhausting exercise. Blood samples collecting and blood pressure measuring took place before, immediately after and 24 hours after exercise. Analysis of variance with repeated measures (group \* time) and one-way analysis of variance were used for statistical calculations.

**Results:** The duration of the exhaustion test in the caffeine consumption group was significantly longer than the control ( $p \leq 0.01$ ) and placebo ( $p \leq 0.05$ ) groups. In the blood sampling immediately after exercise, the level of leukocytes, neutrophils and lymphocytes in the exercise groups were significantly higher than the control group ( $p \leq 0.001$ ). Also, the caffeine group experienced a lower increase in leukocytes and neutrophils compared to the placebo group ( $p \leq 0.001$ ). Blood pressure values in the exercise groups were significantly higher than the control group ( $p \leq 0.001$ ). Also, the caffeine group experienced a greater increase in systolic blood pressure at baseline and immediately after exercise compared to the placebo group ( $p \leq 0.001$ ).

**Conclusion:** In general, exhausting exercise in a warm environment and dehydrated condition increases the number of immune system cells and blood pressure. In addition to improving aerobic function, caffeine seems to prevent further increases in the number of immune system cells, while increasing blood pressure in the normal range in warm and humid environment.

**Keywords:** Caffeine; Blood Pressure; Immune System; Dehydration; Warm and Humid Environment

# تأثیر مصرف حاد کافئین در شرایط کم آبی بدن و محیط گرم و مرطوب بر عملکرد هوازی، فشار خون و برخی عوامل سیستم ایمنی مردان فعال

سارا صباپی، امیر سرشین\*، علیرضا رحیمی، فواد فیض الهی

گروه علوم ورزشی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

\* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۲۷۶۷۵۱۹۳، فاکس: ۰۲۶۳۴۱۸۲۶۱۸، پست الکترونیک: amsarshin@gmail.com

## چکیده

**زمینه و هدف:** کافئین می‌تواند بسیاری از عملکردهای فیزیولوژیکی بدن را تحت تأثیر قرار دهد. هدف از مطالعه حاضر بررسی پاسخ عملکرد هوازی، فشار خون و برخی عوامل سیستم ایمنی مردان تمرین کرده به مصرف حاد کافئین در شرایط کم آبی بدن و محیط گرم و مرطوب بود.

**روش کار:** تعداد ۳۰ نفر مرد ورزشکار با میانگین سنی  $26/6 \pm 3/9$  سال در شرایط کم آبی بدن داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند که به صورت دو سویه کور انجام پذیرفت. آزمودنی‌ها به سه گروه تقسیم شدند: گروه مصرف کافئین (۱۰ نفر)، گروه مصرف دارونما (۱۰ نفر) و گروه کنترل (۱۰ نفر). گروه کافئین مقدار شش میلی گرم/کیلوگرم وزن بدن کافئین مصرف کردند. ۶۰ دقیقه بعد از آن، آزمودنی‌ها یک وهله فعالیت ورزشی فزاینده و امانده‌ساز را اجرا نمودند. جمع‌آوری نمونه‌های خونی و اندازه‌گیری فشار خون قبل، بلافاصله بعد و ۲۴ ساعت بعد از فعالیت ورزشی صورت پذیرفت. از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر (گروه \* زمان) و آزمون تحلیل واریانس یکراهه برای محاسبات آماری استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که مدت زمان اجرای آزمون و امانده‌ساز در گروه مصرف کافئین به طور معنی‌داری بیشتر از گروه‌های کنترل ( $p \leq 0/01$ ) و دارونما ( $p \leq 0/05$ ) بود. در نوبت خونگیری بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی، میزان لکوسیت‌ها، نوتروفیل‌ها و لنفوسیت‌ها در گروه‌هایی که فعالیت ورزشی را انجام دادند، به طور معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل بود ( $p \leq 0/001$ ). همچنین، گروه مصرف کافئین افزایش کمتر میزان لکوسیت‌ها و نوتروفیل‌ها را در مقایسه با گروه دارونما تجربه کردند ( $p \leq 0/001$ ). مقادیر فشار خون در گروه‌هایی که فعالیت ورزشی را انجام دادند، به طور معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل بود ( $p \leq 0/001$ ). همچنین، گروه مصرف کافئین افزایش بیشتر فشار خون سیستمی را در حالت پایه و بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی در مقایسه با گروه دارونما تجربه کردند ( $p \leq 0/001$ ).

**نتیجه‌گیری:** در کل، فعالیت ورزشی و امانده‌ساز در محیط گرم و شرایط کم آبی بدن موجب افزایش تعداد سلول‌های سیستم ایمنی و فشار خون می‌شود. به نظر می‌رسد مصرف کافئین علاوه بر بهبود عملکرد هوازی، از افزایش بیشتر تعداد سلول‌های سیستم ایمنی جلوگیری می‌کند، در حالی که موجب افزایش بیشتر فشار خون در محدوده طبیعی در محیط گرم و مرطوب می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** کافئین، فشار خون، سیستم ایمنی، کم آبی بدن، محیط گرم و مرطوب

دریافت: ۱۴۰۰/۶/۴ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۳۰

## مقدمه

سیستم ایمنی بدن از انواع فشارهای فیزیولوژیکی و روانی متأثر می‌گردد [۱]. فعالیت ورزشی باعث ایجاد اختلال در عملکرد سیستم ایمنی بدن می‌شود که به‌نظر می‌رسد وابسته به شدت و مدت زمان ورزش و ترشح هورمون‌های استرسی باشد [۲]. ورزش در محیط با دمای بالا اثر هم‌افزایی بر پاسخ‌های استرسی به فعالیت ورزشی دارد [۳، ۴]. اجرای فعالیت ورزشی در محیط گرم موجب افزایش بیشتر پاسخ سیستم ایمنی و نیز تأخیر در رسیدن به حالت اولیه آن در دوره بازیافت پس از فعالیت ورزشی می‌شود [۵]. بعلاوه، استرس گرمایی ناشی از دمای بالای محیط می‌تواند عملکرد جسمانی را تحت تأثیر قرار دهد؛ زیرا تحمل انجام فعالیت ورزشی در محیط گرم نسبت به محیط سرد پایین‌تر است [۶]. کم‌آبی بدن علاوه بر این که یکی از پیامدهای ورزش در محیط گرم می‌باشد می‌تواند تحت برخی از شرایط که ورزشکاران مصرف مایعات به اندازه کافی ندارند، از جمله کاهش / کنترل وزن در رشته‌های ورزشی یا ناشی از خود فعالیت ورزشی نیز رخ دهد. کم‌آبی خستگی را در پی دارد و یکی از علل افزایش خطر آسیب‌پذیری در افراد به‌شمار می‌رود. کم‌آبی با افزایش فشارهای فیزیولوژیکی باعث افت هماهنگی عصبی-عضلانی، عملکرد شناختی و عملکرد جسمانی می‌شود [۷] و نیز کاهش حداکثر اکسیژن مصرفی ( $VO_2max$ ) و افت عملکرد ورزشی بدنبال کم‌آبی بدن گزارش شده است [۸]. نشان داده شده است که کم‌آبی بدن به‌طور مستقل و از طریق روش‌های مشابه با فعالیت ورزشی موجب افزایش شمار سلول‌های سیستم ایمنی شامل لنفوسیت‌ها، نوتروفیل‌ها، مونوسیت‌ها و بازوفیل‌ها می‌شود [۹]. در مطالعه‌ای دیگر نشان داده شد که فعالیت ورزشی با شدت پایین در محیط گرم موجب افزایش تعداد لکوسیت‌ها، نوتروفیل‌ها و لنفوسیت‌ها هم در شرایط طبیعی و هم در شرایط کم‌آبی بدن می‌شود [۲].

بی‌توجهی به افزایش فشارهای جسمانی و روانی تجربه‌شده در هنگام فعالیت در شرایط گرمای محیطی و کم‌آبی بدن همراه با بازیافت نامناسب می‌تواند عملکرد ورزشی را مختل ساخته [۱۰] و احتمال ابتلا به بیماری‌های مختلف را افزایش دهد [۴]. با توجه به اثرگذاری مستقیم و معنی‌دار دمای بالای محیط و کم‌آبی بر عملکرد ورزشی، متخصصان ورزشی همواره در پی برطرف کردن عوارض ناشی از آن‌ها هستند و در این راستا برخی از مکمل‌های غذایی در دسترس که کمترین عوارض جانبی را دارند نیز پیشنهاد شده است [۱۱]. کافئین از شایع‌ترین مکمل‌های غذایی مصرفی در جهان است که به‌عنوان عاملی برای افزایش عملکردهای جسمی-ذهنی و به‌تعمیق انداختن خستگی در ورزشکاران مورد استفاده قرار گرفته است [۱۱]. از سوی دیگر، در طول سال‌های اخیر، فشار خون بالا به‌عنوان یکی از خطرات جدی برای سلامتی انسان‌ها مطرح بوده و آمار بالایی از مشکلات قلبی-عروقی را به خود اختصاص داده است [۱۲]. عوامل محیطی نقش بسزایی در به‌وجود آمدن فشار خون بالا دارد. استرس گرمایی در وضعیت کم‌آبی بدن و مصرف کافئین، هر دو با افزایش فعالیت سمپاتیکی موجب افزایش فشار خون می‌شوند [۷، ۱۳]. فعالیت ورزشی به‌تهایی نیز با افزایش فشار خون همراه است [۱۲]. به‌نظر می‌رسد که استرس گرمایی و وضعیت کم‌آبی همراه با مصرف حاد کافئین ممکن است پاسخ‌های فیزیولوژیکی به ورزش را تحت تأثیر قرار دهند. با توجه به پیشینه تحقیق به‌نظر می‌رسد وضعیت دهیدراتاسیون و مصرف کافئین هر کدام به‌صورت جداگانه مورد بررسی و پژوهش قرار گرفته‌اند، اما پژوهش‌های اندکی وجود دارند که هر دو فاکتور را با هم و به‌طور همزمان بررسی نموده باشند. با توجه به اهمیت بهبود عملکرد ورزشکاران و بررسی راهکارهای ممکن در این جهت نیاز پژوهش بیشتر در مورد همزمانی وضعیت دهیدراتاسیون و مصرف

کافئین وجود دارد. از این رو، در این مطالعه قصد بر آن بود تا اثر مصرف حاد کافئین بر پاسخ عملکرد هواری، فشار خون و برخی عوامل سیستم ایمنی مردان تمرین کرده در شرایط کم آبی بدن و محیط گرم و مرطوب مورد بررسی قرار گیرد.

### روش کار

طرح تحقیق مطالعه نیمه تجربی و کاربردی حاضر، از نوع اندازه گیری های مکرر (پیش آزمون- پس آزمون- پس آزمون مجدد) با گروه کنترل بود که به صورت دو سویه کور انجام پذیرفت؛ بدین معنی که به منظور جلوگیری از سوگیری در نتایج، آزمودنی ها و محقق از دریافت مکمل بی خبر بودند و اضافه کردن مکمل در دارونما توسط شخص ثالث صورت پذیرفت. تعداد ۳۰ نفر دوچرخه سوار مرد در دامنه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال و با حداقل سه سال سابقه ورزشی منظم (سه جلسه و یا بیشتر در هفته) در شهر تهران داوطلبانه در تحقیق شرکت کردند. با توجه به اهداف مطالعه، انتخاب نمونه ها به صورت در دسترس و هدفمند و بر اساس معیارهایی که در ادامه ارائه می شود، صورت پذیرفت. داوطلبان مورد مطالعه، افراد غیرسیگاری و غیرالکلی بودند. آنان سابقه بیماری های قلبی- عروقی، کبدی، کلیوی، متابولیسم- غدد و هماتولوژی نداشتند و نیز هیچگونه مصرف دارویی یا مکمل حداقل از یک ماه مانده به شروع مطالعه نداشتند. آنان سابقه مصرف کافئین منظم نداشتند. بعلاوه تعداد دفعات مصرف چای، کاکائو، شکلات و نوشابه کمتر از سه بار در هفته با مقدار کم بود (۳۵۰ میلی لیتر در هفته). برای تعیین مقدار مصرف روزانه کافئین و مواد غذایی حاوی کافئین در آزمودنی ها از پرسشنامه مصرف کافئین استفاده شد [۱۴]. داوطلبان بعد از آگاهی از روش اجرای مطالعه و اندازه گیری های مورد نیاز، فرم رضایتنامه را تکمیل کردند. این مطالعه بعد از اخذ کد اخلاق با شماره IR.IAU.K.REC.1400.023 از کمیته اخلاق تحقیقات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

اجرا شد. از شرکت کنندگان خواسته شد رژیم غذایی با محدودیت مصرف مایعات که برایشان در نظر گرفته شده بود را برای مدت ۴۸ ساعت رعایت کنند. برای اطمینان از شرایط یکسان متابولیسی و استراحتی آزمودنی ها ۲۴ ساعت قبل از روز آزمون تحت نظارت قرار گرفتند. همچنین، از آزمودنی ها خواسته شد تا توصیه های غذایی ارائه شده توسط محقق را طی ۲۴ ساعت بعد از آزمون رعایت کنند. بعلاوه از آنان خواسته شد در مدت اجرای مطالعه ورزش شدید و ماندگار انجام ندهند و از مصرف هرگونه مواد غذایی حاوی کافئین از ۴۸ ساعت قبل شروع مطالعه تا پایان آن خودداری کنند.

همه مراحل آزمایشگاهی صبح بعد از یک ناشتایی شبانه و در دمای محیطی ۳۵-۳۳ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۷۰-۶۸ درصد انجام گرفت. در روز آزمون، ابتدا اندازه گیری های آنترئوپومتری انجام شد و سپس وزن مخصوص ادرار<sup>۱</sup> ( $U_{sg}$ ) با استفاده از دستگاه رفاکومتر کلینیکال آتاگو مدل PAL-10S در حالت ناشتایی مورد سنجش قرار گرفت؛ در صورتی که آزمودنی در وضعیت دهیدراسیون بود (گرم/میلی لیتر  $U_{sg} \geq 1/0.30$ ) [۱۵] وارد روند مطالعه می شد. سپس، آزمودنی ها به سه گروه تقسیم شدند: گروه مصرف کافئین، گروه مصرف دارونما و گروه کنترل. گروه کافئین مقدار شش میلی گرم/کیلوگرم وزن بدن کافئین را به صورت حل شده در ۲۰۰ میلی لیتر آبمیوه مصرف کردند و گروه دارونما نیز تنها آبمیوه را با طعم، حجم و ظاهر یکسان مصرف کردند.

### پروتکل تمرین هواری

شصت دقیقه بعد از مصرف کافئین یا دارونما از آزمودنی ها خواسته شد تا یک وهله فعالیت ورزشی فزاینده و ماندگار را اجرا نمایند [۱۶]. فعالیت ورزشی شامل آزمون بروس روی نوارگردان بود.

<sup>1</sup> Urine Specific Gravity

جمع‌آوری و در ویال‌های حاوی EDTA ریخته شد. مقادیر هموگلوبین و هماتوکریت و همچنین شمارش تعداد سلول‌های سیستم ایمنی بدن شامل تعداد لکوسیت، نوتروفیل و لنفوسیت‌ها به وسیله دستگاه اتوماتیک سل کانتر (مدل SYSMEX-K1000، ساخت کشور آلمان) تعیین شد. از تغییرات میزان هموگلوبین و هماتوکریت برای برآورد درصد تغییرات در حجم پلاسما استفاده شد [۱۸].

از آزمون شاپیرو-ویلک برای تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها استفاده شد و آزمون لون برای بررسی همسانی واریانس‌ها بکار گرفته شد. با توجه به طبیعی بودن توزیع داده‌ها و برقراری فرض همسانی واریانس‌ها، برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های مربوط به فشار خون و نمونه‌های خونی از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر (گروه \* زمان) استفاده شد، همچنین از آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه برای عملکرد هوازی و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. محاسبات آماری با نرم‌افزار SPSS-18 در سطح معنی‌داری  $p \leq 0.05$  صورت پذیرفت.

### یافته‌ها

نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار در مدت زمان اجرای آزمون بروس بین گروه‌های مورد مطالعه بود ( $p \leq 0.01$ ). نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد که مدت زمان اجرای آزمون گروه مصرف کافئین به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه‌های کنترل ( $p \leq 0.01$ ) و دارونما ( $p \leq 0.05$ ) بود (جداول ۲ و ۳- نمودار ۱).

این پروتکل آزمودنی‌ها را ملزم به اجرای هرچه بیشتر روی تردمیل می‌کند که سرعت و شیب آن در فواصل زمانی بصورت تدریجی افزایش می‌یابد. برای اجرای آزمون بروس، ابتدا آزمودنی‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۲/۷ کیلومتر در ساعت و شیب ۱۰ درجه گرم کردند. سپس در هر سه دقیقه سرعت و شیب تردمیل افزایش یافت (جدول ۱) [۱۷]. مدت زمان اجرای آزمون توسط هر آزمودنی بوسیله کرنومتر ثبت شد.

جدول ۱. پروتکل فعالیت ورزشی

مرحله	زمان (دقیقه)	سرعت (کیلومتر/ساعت)	شیب (درصد)
۱	۰	۲/۷	۱۰
۲	۳	۴	۱۲
۳	۶	۵/۵	۱۴
۴	۹	۶/۸	۱۶
۵	۱۲	۸	۱۸
۶	۱۵	۸/۸	۲۰
۷	۱۸	۹/۷	۲۲

### روش جمع‌آوری اطلاعات فشار خون

اندازه‌گیری فشار خون سیستولی و دیاستولی با استفاده از فشارسنج خونی دیجیتالی بازویی امرن مدل M2 با دقت ۰/۱ میلی‌متر جیوه در سه نوبت اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری اول قبل از شروع فعالیت ورزشی، دومین اندازه‌گیری بلافاصله بعد از اتمام فعالیت ورزشی و اندازه‌گیری آخر نیز ۲۴ ساعت بعد از فعالیت ورزشی در حالت نشسته روی صندلی انجام شد.

### روش جمع‌آوری نمونه‌های خونی

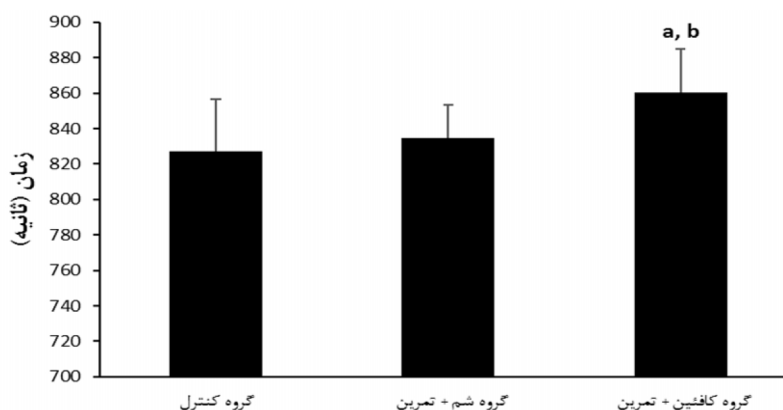
نمونه‌های خونی قبل، بلافاصله بعد و ۲۴ ساعت بعد از فعالیت ورزشی از ورید بازویی در حالت نشسته

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه برای مدت زمان اجرای آزمون بروس

مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	معنی‌داری
۷۱۹۷/۱۶۷	۲	۳۵۹۸/۵۸۳		
۲۰۱۳۷/۵۸۳	۳۳	۶۱۰/۲۳۰	۵/۸۹۷	۰/۰۰۶
۲۷۳۳۴/۷۵۰	۳۵			

جدول ۳. نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مدت زمان اجرای آزمون بروس

معنی‌داری	گروه‌های مورد مقایسه		زمان
۰/۷۳۰	شم	کنترل	پایه
۰/۰۰۷	کافئین		
۰/۰۴۳	کافئین	شم	



نمودار ۱. مدت زمان اجرای آزمون بروس در گروه‌های مورد مطالعه.

a: تفاوت معنی‌دار با گروه کنترل،  $p \leq 0/01$ ; b: تفاوت معنی‌دار با گروه دارونما  $p \leq 0/05$ .

نتایج آزمون تعقیبی توکی (F=۱۸۹/۷۶۲،  $p \leq 0/001$ ) تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد. در نوبت خونگیری بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی، میزان لکوسیت‌ها در گروه‌هایی که فعالیت ورزشی را انجام دادند، به طور معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل بود ( $p \leq 0/001$ ). همچنین، گروه مصرف کافئین افزایش کمتر میزان لکوسیت‌ها را در مقایسه با گروه دارونما تجربه کردند ( $p \leq 0/001$ ) (جدول ۴، ۵ و ۱۰).

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری نشان‌دهنده معنی‌دار بودن زمان ( $p \leq 0/001$ )، گروه (F=۷۹۴/۸۸۳،  $p \leq 0/001$ ) و همچنین، تعامل دو متغیر مستقل زمان و گروه (F=۱۹۷/۴۴۱،  $p \leq 0/001$ ) بر میزان لکوسیت‌ها بود. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه نشان داد که بین مقادیر لکوسیت‌ها در گروه‌های مختلف تنها در نوبت خونگیری بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی

جدول ۴. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه برای میزان لکوسیت‌ها

معنی‌داری	مقدار F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	سطح	زمان
۰/۱۲۹	۲/۱۷۸	۰/۱۱۰	۲	۰/۲۲۱	بین گروه‌ها	پایه
		۰/۰۵۱	۳۳	۱/۶۷۳	درون گروه‌ها	
			۳۵	۱/۸۹۴	کل	
۰/۰۰۱	۱۸۹/۷۶۲	۲۳/۰۲۷	۲	۴۶/۰۵	بین گروه‌ها	بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی
		۰/۱۲۱	۳۳	۴/۰۰۴	درون گروه‌ها	
			۳۵	۵۰/۰۵۸	کل	
۰/۲۹۴	۱/۲۷۲	۰/۰۵۶	۲	۰/۱۱۲	بین گروه‌ها	۲۴ ساعت بعد از فعالیت ورزشی
		۰/۰۴۴	۳۳	۱/۴۵۱	درون گروه‌ها	
			۳۵	۱/۵۶۳	کل	

جدول ۵. نتایج آزمون تعقیبی توکی برای میزان لکوسیت‌ها

معنی‌داری	گروه‌های مورد مقایسه		زمان
۱/۰۰۰	شم	کنترل	پایه
۰/۱۴۳	کافئین		
۰/۵۷۵	کافئین	شم	بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی
۰/۰۰۱	شم	کنترل	
۰/۰۰۱	کافئین		
۰/۹۱۶	شم	کنترل	۲۴ ساعت بعد از فعالیت ورزشی
۰/۳۸۰	کافئین		
۱/۰۰۰	کافئین	شم	

خونگیری بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی ( $p \leq 0/001$ )، تکراری معنی‌داری زمان ( $F=99/781, p < 0/001$ ) تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد. میزان نوتروفیل‌ها در گروه‌هایی که فعالیت ورزشی را انجام دادند، به طور معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل بود ( $p \leq 0/001$ ). همچنین، گروه مصرف کافئین افزایش کمتر میزان نوتروفیل‌ها را در مقایسه با گروه دارونما تجربه کردند ( $p \leq 0/001$ ) (جدول ۶، ۷ و ۱۰).

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری معنی‌داری زمان ( $F=275/725, p < 0/001$ )، گروه ( $F=27/405, p \leq 0/001$ ) و همچنین، تعامل دو متغیر مستقل زمان و گروه ( $F=80/697, p \leq 0/001$ ) بر میزان نوتروفیل‌ها را نشان داد. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه نشان داد که بین مقادیر نوتروفیل‌ها در گروه‌های مورد مطالعه در نوبت

جدول ۶. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه برای مقادیر نوتروفیل‌ها

معنی‌داری	F مقدار	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	سطح	زمان
۰/۰۹۱	۲/۵۸۲	۰/۱۱۱	۲	۰/۲۲۲	بین گروه‌ها	پایه
		۰/۰۴۳	۳۳	۱/۴۱۶	درون گروه‌ها	
			۳۵	۱/۶۳۷	کل	
۰/۰۰۱	۹۹/۷۸۱	۸/۵۷۸	۲	۱۷/۱۵۶	بین گروه‌ها	بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی
		۰/۰۸۶	۳۳	۲/۸۳۷	درون گروه‌ها	
			۳۵	۱۹/۹۹۳	کل	
۰/۳۱۱	۱/۲۱۱	۰/۵۷	۲	۰/۱۱۳	بین گروه‌ها	۲۴ ساعت بعد از فعالیت ورزشی
		۰/۴۷	۳۳	۱/۵۴۱	درون گروه‌ها	
			۳۵	۱/۶۵۴	کل	

جدول ۷. نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقادیر نوتروفیل‌ها

معنی‌داری	گروه‌های مورد مقایسه		زمان
۱/۰۰۰	شم	کنترل	پایه
۰/۱۳۱	کافئین		
۰/۲۴۱	کافئین	شم	بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی
۰/۰۰۱	شم	کنترل	
۰/۰۰۱	کافئین		
۱/۰۰۰	شم	کنترل	۲۴ ساعت بعد از فعالیت ورزشی
۰/۴۰۶	کافئین		
۰/۹۵۸	کافئین	شم	

نوبت خونگیری بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی (F=۶۷/۰۷۹,  $p \leq 0/001$ ) تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد. در نوبت خونگیری بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی، میزان لنفوسیت‌ها در گروه‌هایی که فعالیت ورزشی را انجام دادند، به طور معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل بود ( $p \leq 0/001$ ) (جداول ۸، ۹ و ۱۰).

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری نشان‌دهنده معنی‌دار بودن زمان ( $p \leq 0/001$ )، گروه (F=۲۷۴/۱۵۶,  $p \leq 0/001$ )، گـروه (F=۱۳/۱۴۴,  $p \leq 0/001$ ) و همچنین، تعامل دو متغیر مستقل زمان و گروه (F=۶۹/۲۴۰,  $p \leq 0/001$ ) بر میزان لنفوسیت‌ها بود. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه نشان داد که بین مقادیر لنفوسیت‌ها در گروه‌های مختلف تنها در

جدول ۸. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه برای مقادیر لنفوسیت‌ها

معنی‌داری	F مقدار	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	سطح	زمان
۰/۴۴۲	۰/۸۳۸	۰/۰۲۰	۲	۰/۰۴۱	بین گروه‌ها	پایه
		۰/۰۲۴	۳۳	۰/۸۰۴	درون گروه‌ها	
			۳۵	۰/۸۴۵	کل	
۰/۰۰۱	۶۷/۰۷۹	۳/۳۵۹	۲	۶/۷۱۹	بین گروه‌ها	بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی
		۰/۰۵۰	۳۳	۱/۶۵۳	درون گروه‌ها	
			۳۵	۸/۳۷۱	کل	
۰/۱۱۶	۲/۳۰۰	۰/۰۴۷	۲	۰/۰۹۴	بین گروه‌ها	۲۴ ساعت بعد از فعالیت ورزشی
		۰/۰۲۰	۳۳	۰/۶۷۵	درون گروه‌ها	
			۳۵	۰/۷۶۹	کل	

جدول ۹. نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقادیر لنفوسیت‌ها

معنی‌داری	گروه‌های مورد مقایسه	زمان
۱/۰۰۰	شم	پایه
	کنترل	
۰/۶۲۷	کافتین	
۱/۰۰۰	کافتین	بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی
	شم	
۰/۰۰۱	شم	
۰/۰۰۱	کنترل	
۱/۰۰۰	کافتین	۲۴ ساعت بعد از فعالیت ورزشی
	شم	
۰/۱۷۷	شم	
۰/۲۷۳	کافتین	
۱/۰۰۰	کنترل	
۱/۰۰۰	شم	



جدول ۱۰. تغییرات شاخص‌های سیستم ایمنی در گروه‌های مورد مطالعه

متغیر	گروه	زمان خونگیری		
		قبل از فعالیت ورزشی (پایه)	بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی	۲۴ ساعت بعد از فعالیت ورزشی
لکوسیت (میکرولیتر/ $10^3$ )	کنترل	۶/۱۹ ± ۰/۲۴	۶/۲۵ ± ۰/۲۱	۶/۰۷ ± ۱/۲۴۴
	دارونما + تمرین	۶/۱۲ ± ۰/۱۹	۹/۰۱ ± ۰/۴۵ <sup>a,b,c</sup>	۵/۹۹ ± ۰/۱۷
	کافئین + تمرین	۵/۹۹ ± ۰/۲۳	۷/۹ ± ۰/۳۴ <sup>a,b</sup>	۵/۹ ± ۰/۲۱
نوتروفیل (میکرولیتر/ $10^3$ )	کنترل	۳/۲۲ ± ۰/۱۸	۳/۲۲ ± ۰/۲	۳/۱۴ ± ۰/۲۳
	دارونما + تمرین	۳/۱۹ ± ۰/۲۰	۴/۹ ± ۰/۴۳ <sup>a,b,c</sup>	۳/۰۹ ± ۰/۲۲
	کافئین + تمرین	۳/۰۴ ± ۰/۲۳	۳/۹۸ ± ۰/۱۷ <sup>a,b</sup>	۳/۰۱ ± ۰/۱۸
لنفوسیت (میکرولیتر/ $10^3$ )	کنترل	۲/۵۴ ± ۰/۱۹	۲/۵۳ ± ۰/۲۱	۲/۵۴ ± ۰/۱۴
	دارونما + تمرین	۲/۴۹ ± ۰/۱۳	۳/۴۷ ± ۰/۲۷ <sup>a,b</sup>	۲/۴۲ ± ۰/۱۵
	کافئین + تمرین	۲/۴۶ ± ۰/۱۳	۳/۴۳ ± ۰/۱۸ <sup>a,b</sup>	۲/۴۳ ± ۰/۱۳

a:  $p \leq 0.05$  تفاوت معنی‌دار با حالت پایه؛ b:  $p \leq 0.05$  تفاوت معنی‌دار با گروه کنترل؛ c:  $p \leq 0.05$  تفاوت معنی‌دار با گروه مصرف کافئین

معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل بود ( $p \leq 0.001$ ). در نوبت بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی، مقادیر میانگین فشار خون سیستولی در گروه‌هایی که فعالیت ورزشی را انجام دادند، به طور معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل بود ( $p \leq 0.001$ ). همچنین، گروه مصرف کافئین افزایش بیشتر فشار خون سیستولی را در مقایسه با گروه دارونما تجربه کردند ( $p \leq 0.001$ ). همچنین، نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه حاکی از تفاوت معنی‌دار بین مقادیر فشار خون دیاستولی در گروه‌های مختلف در نوبت بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی است ( $F=25/800$ ,  $p \leq 0.001$ ). به طوری که مقادیر میانگین فشار خون دیاستولی در گروه‌هایی که فعالیت ورزشی را انجام دادند، به طور معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل بود ( $p \leq 0.001$ ) (جداول ۱۱ تا ۱۴، نمودار ۲).

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری نشان‌دهنده معنی‌دار بودن زمان (به ترتیب،  $F=538/392$ ,  $p \leq 0.001$ ;  $F=93/148$ ,  $p \leq 0.001$ ، گروه (به ترتیب،  $F=88/382$ ,  $p \leq 0.001$ ;  $F=5/075$  و همچنین، تعامل دو متغیر مستقل زمان و گروه (به ترتیب،  $F=76/220$ ,  $p \leq 0.001$ ;  $F=12/649$ ) به ترتیب برای مقادیر فشار خون سیستولی و دیاستولی بود. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه نشان داد که بین مقادیر فشار خون سیستولی در گروه‌های مختلف در نوبت قبل از فعالیت ( $F=26/476$ ,  $p \leq 0.001$ ) و بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی ( $F=134/026$ ,  $p \leq 0.001$ ) تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد. در نوبت قبل از فعالیت ورزشی، مقادیر میانگین فشار خون سیستولی در آزمودنی‌هایی که مصرف کافئین داشتند، به طور

جدول ۱۱. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه برای مقادیر فشار خون سیستولی

زمان	سطح	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	معنی‌داری
پایه	بین گروه‌ها	۷۱۰/۱۶۷	۲	۳۵۵/۰۸۳	۲۶/۴۷۶	۰/۰۰۱
	درون گروه‌ها	۴۴۲/۵۸۳	۳۳	۱۳/۴۱۲		
	کل	۱۱۵۲/۷۵۰	۳۵			
بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی	بین گروه‌ها	۸۴۳۶/۱۶۷	۲	۴۲۱۸/۰۸۳	۱۳۴/۰۲۶	۰/۰۰۱
	درون گروه‌ها	۱۰۳۸/۵۸۳	۳۳	۳۱/۴۷۲		
	کل	۹۴۷۴/۷۵۰	۳۵			
۲۴ ساعت بعد از فعالیت ورزشی	بین گروه‌ها	۲۲/۰۵۶	۲	۱۱/۰۲۸	۰/۹۷۲	۰/۳۸۹
	درون گروه‌ها	۳۷۶/۵۰۰	۳۳	۱۱/۳۴۸		
	کل	۳۹۶/۵۵۶	۳۵			

جدول ۱۲. نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقادیر فشار خون سیستولی

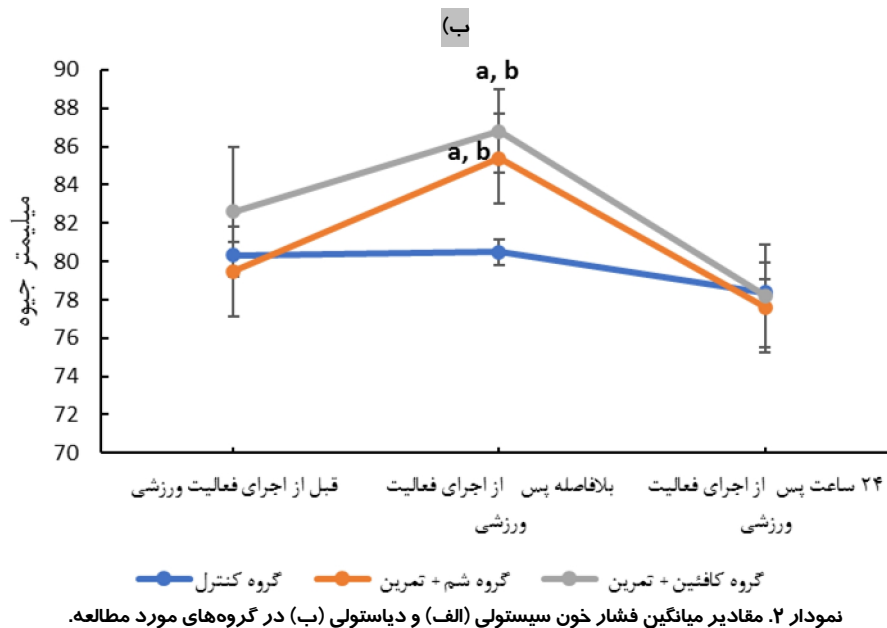
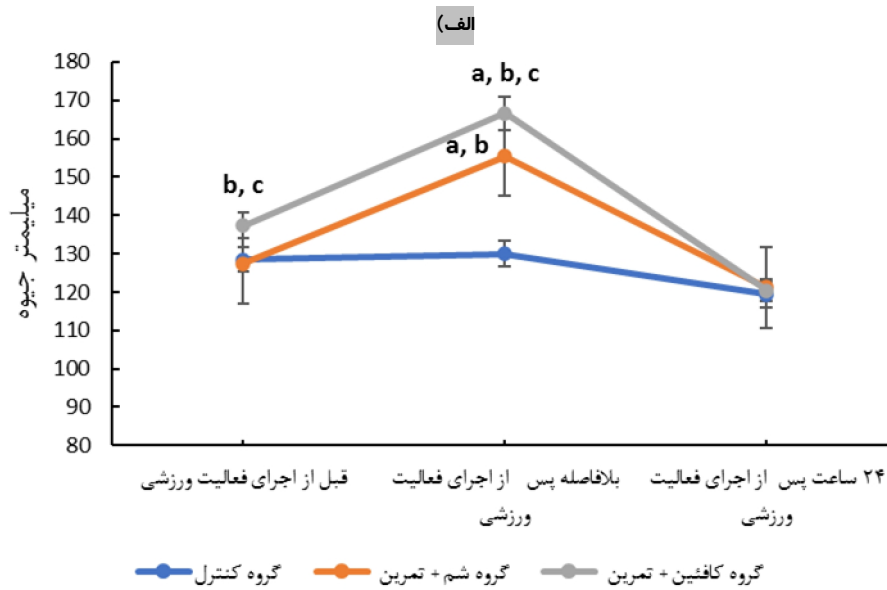
معنی‌داری	گروه‌های مورد مقایسه		زمان
۱/۰۰۰	شم	کنترل	پایه
۰/۰۰۱	کافئین		
۰/۰۰۱	کافئین	شم	بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی
۰/۰۰۱	شم	کنترل	
۰/۰۰۱	کافئین		
۰/۰۰۱	کافئین	شم	
۰/۵۱۸	شم	کنترل	۲۴ ساعت بعد از فعالیت ورزشی
۱/۰۰۰	کافئین		
۱/۰۰۰	کافئین	شم	

جدول ۱۳. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه برای میزان فشار خون دیاستولی

معنی‌داری	F مقدار	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	سطح	زمان
۰/۰۶۲	۳/۰۲۹	۳۰/۵۲۸	۲	۶۱/۰۵۶	بین گروه‌ها	پایه
		۱۰/۰۷۸	۳۳	۳۳۲/۵۸۳	درون گروه‌ها	
			۳۵	۳۹۳/۶۳۶	کل	
۰/۰۰۱	۲۵/۸۰۰	۱۳۲/۵۸۳	۲	۲۶۵/۱۶۷	بین گروه‌ها	بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی
		۵/۱۳۹	۳۳	۱۶۹/۵۸۳	درون گروه‌ها	
			۳۵	۴۳۴/۷۵۰	کل	
۰/۶۹۶	۰/۳۶۷	۲/۳۳۳	۲	۴/۶۶۷	بین گروه‌ها	۲۴ ساعت بعد از فعالیت ورزشی
		۶/۳۶۶	۳۳	۲۱۰/۰۸۳	درون گروه‌ها	
			۳۵	۲۱۴/۷۵۰	کل	

جدول ۱۴. نتایج آزمون تعقیبی توکی برای میزان فشار خون دیاستولی

معنی‌داری	گروه‌های مورد مقایسه		زمان
۱/۰۰۰	شم	کنترل	پایه
۰/۲۷۶	کافئین		
۰/۰۷۰	کافئین	شم	بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی
۰/۰۰۱	شم	کنترل	
۰/۰۰۱	کافئین		
۰/۴۰۶	کافئین	شم	
۱/۰۰۰	شم	کنترل	۲۴ ساعت بعد از فعالیت ورزشی
۱/۰۰۰	کافئین		
۱/۰۰۰	کافئین	شم	



a:  $p \leq 0.001$  تفاوت معنی‌دار با حالت پایه؛ b:  $p \leq 0.001$  تفاوت معنی‌دار با گروه کنترل؛ c:  $p \leq 0.001$  تفاوت معنی‌دار با گروه دارونما

## بحث

مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر مصرف حاد کافئین بر پاسخ‌های فشارخون و برخی عوامل سیستم ایمنی مردان تمرین کرده به ورزش وامانده‌ساز در شرایط کم‌آبی بدن و محیط گرم و مرطوب انجام شد. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که بدنبال مصرف کافئین عملکرد هوایی بیشینه افزایش یافت.

در مطالعه‌ای مشابه با طرح تحقیقی حاضر، دل‌کوسو<sup>۱</sup> و همکاران افزایش توان بی‌هوایی را بدنبال مصرف کافئین به میزان شش میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در دوچرخه‌سواران تمرین کرده تحت شرایط گرما و کم‌آبی بدن گزارش کردند و دلیل آن افزایش نیروی بیشینه پاها که ناشی فعالسازی ارادی واحدهای حرکتی بود، عنوان شد [۱۹]. سبجانی و

<sup>۱</sup> Del Coso

همکاران بهبود عملکرد هوازی بیشینه را بدنبال مصرف شش میلی گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن کافئین در محیط گرم گزارش کردند [۲۰]. یزدانی و همکاران بهبود توان هوازی بیشینه بعد از مصرف کافئین به میزان پنج میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن را در مردان فعال گزارش کردند [۲۱]. با این حال، لامینا<sup>۱</sup> و همکاران عدم اثر گذاری مصرف کافئین با دوزهای پنج، ۱۰ و ۱۵ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن بر زمان دویدن و  $VO_{2max}$  را در مردان جوان گزارش کردند [۲۲]. از دلایل احتمالی این تناقض در یافته‌ها می‌توان به تفاوت‌های فردی در پاسخ به مصرف کافئین و همچنین نوع و مدت فعالیت بدنی اشاره کرد؛ در مطالعه حاضر از آزمون دویدن روی نوارگردان بروس استفاده شد در حالی که در مطالعه مذکور از آزمون دویدن ۲۰ متر شاتل<sup>۲</sup> به عنوان آزمون هوازی بیشینه استفاده شده بود. بعلاوه، دمای بالای محیط و شرایط کم آبی بدن که در مطالعه حاضر وجود داشت، می‌تواند از علل دیگر توضیح‌دهنده وجود اختلاف در نتایج حاضر با مطالعه لامینا و همکاران باشد. با این حال، با توجه به تحقیقات اندک در زمینه تأثیر کافئین بر عملکرد ورزشی در دمای گرم و شرایط کم آبی بدن نیاز به تحقیقات بیشتر در این زمینه برای نتیجه‌گیری جامع‌تر احساس می‌شود.

نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که ورزش حاد و امانده‌ساز موجب افزایش شمار لکوسیت‌ها، نوتروفیل‌ها و لنفوسیت‌ها می‌شود که با گزارشات روداس<sup>۳</sup> و همکاران [۲۳] و میشل<sup>۴</sup> و همکاران [۲۴] همخوانی دارد. علاوه بر استرس ورزش، در مطالعه حاضر استرس‌های گرمای محیط و کم آبی بدن نیز اعمال گردید. در همین زمینه، نشان داده شده است که ورزش حاد در حالت کم آبی بدن در مقایسه با

شرایط هیدراتاسیون، بر تعداد سلول‌های سیستم ایمنی خون یا عملکرد آنها تأثیر نمی‌گذارد، اما، ورزش در محیط گرم در مقایسه با محیط با دمای طبیعی باعث افزایش بیشتر تعداد این سلول‌ها و اختلال در عملکرد آنها می‌شود [۲]. همچنین ستاری‌فرد و همکاران نشان دادند که فعالیت ورزشی در محیط‌های دمایی مختلف باعث تحریک و تجمع سلول‌های ایمنی می‌شود، با این حال، اجرای فعالیت ورزشی در محیط گرم موجب افزایش بیشتر مقادیر این سلول‌ها و نیز موجب تأخیر در رسیدن به حالت پایه سیستم ایمنی در دوره استراحت پس از فعالیت ورزشی می‌شود [۵].

نتایج این مطالعه نشان داد که مصرف کافئین تأثیر معنی‌داری بر تعداد سلول‌های سیستم ایمنی مردان تمرین کرده در حالت پایه ندارد اما از افزایش بالای آن‌ها به دنبال فعالیت ورزشی و امانده‌ساز جلوگیری می‌کند؛ به طوری که، افزایش کمتر مقادیر لکوسیت‌ها و نوتروفیل‌ها در پاسخ به ورزش حاد در آزمودنی‌هایی که مصرف کافئین را تجربه کرده بودند در مقایسه با آزمودنی‌های گروه دارونما مشاهده شد. این مشاهده با نتایج مطالعات ویمرکاتی<sup>۵</sup> و همکاران [۲۴] و یعقوبی و همکاران [۲۵] همسو می‌باشد. محققان بر این باورند که با افزایش آسیب عضلانی ناشی از فعالیت ورزشی، تعداد سلول‌های سفید خون افزایش می‌یابد. بر این اساس، فعالیت ورزشی حاد و امانده‌ساز موجب آسیب سلول‌های عضلانی، تحریک سیستم ایمنی و در نتیجه تجمع سلول‌های سفید خون می‌شود [۲۶، ۲۷]. از این رو، سازوکار احتمالی در رابطه با افزایش کمتر تعداد سلول‌های سفید در گروه مصرف کافئین می‌تواند آسیب کمتر عضلانی باشد. نشان داده شده است که مصرف مکمل کافئین و متعاقب آن اکسایش بیشتر اسیدهای چرب توسط عضلات، ذخایر اسید آمینه

<sup>1</sup> Lamina

<sup>2</sup> 20-Meter Shuttle Run Test

<sup>3</sup> Rodas

<sup>4</sup> Mitchell

<sup>5</sup> Vimercatti

سیستمیک باشد [۳۲]. همچنین نشان داده شده است که کافئین با مهار گیرنده‌های آدنوزین از اثر گشادکنندگی عروق آدنوزین جلوگیری می‌کند [۳۳]. از دیگر یافته‌های مطالعه حاضر این بود که فشار خون سیستولی و دیاستولی بدنبال ورزش حاد وامانده‌ساز در آزمودنی‌های هر دو گروه مصرف کافئین و دارونما افزایش می‌یابد و مصرف کافئین این اثر را افزایش می‌دهد. همسو با این یافته، بالاتر بودن فشار خون سیستولی و دیاستولی زنان ورزشکار در هر دو مرحله استراحت و فعالیت ورزشی بدنبال مصرف ۵ میلی‌گرم/کیلوگرم وزن بدن از کافئین گزارش شده است [۳۴]. در مطالعه‌ای دیگر نیز نشان داده شد که مصرف ۶ میلی‌گرم/کیلوگرم وزن بدن کافئین موجب افزایش فشار خون شریانی در مردان ورزشکار بلافاصله پس از اجرای آزمون رست نسبت به گروه دارونما شد [۳۵]. بیان شده است که مصرف کافئین قبل از فعالیت موجب افزایش فشار خون پایه و شتاببخشیدن به آن در خلال ورزش می‌شود، اما در نهایت نمی‌تواند فشار خون را از حد طبیعی خود در هنگام فعالیت ورزشی بالاتر ببرد [۳۶].

در کل، فعالیت ورزشی وامانده‌ساز در محیط گرم و شرایط کم‌آبی بدن موجب افزایش تعداد سلول‌های سیستم ایمنی و فشار خون می‌شود. به نظر می‌رسد مصرف کافئین علاوه بر بهبود عملکرد هوازی، از افزایش بیشتر تعداد سلول‌های سیستم ایمنی جلوگیری می‌کند، در حالی که موجب افزایش بیشتر فشار خون در محدوده طبیعی می‌شود.

درون عضلانی را حفظ می‌کند و میزان کاتابولیسم پروتئین را کاهش می‌دهد [۲۸]. این حالت موجب آسیب کمتر سلول‌های عضلانی شده و رهاسازی شاخص‌های آسیب عضلانی نظیر کراتین کیناز در جریان خون را کاهش می‌دهد که این امر نیز به نوبه خود باعث تحریک کمتر سیستم ایمنی و در نتیجه کمتر شدن لکوسیتوز ناشی از فعالیت ورزشی حاد می‌شود [۲۶].

### نتیجه گیری

در مطالعه حاضر مصرف کافئین موجب افزایش معنی‌دار فشار خون سیستولی و افزایش غیرمعنی‌دار فشار خون دیاستولی در حالت استراحت شد. هم‌راستا با این یافته، نشان داده است که مصرف ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌گرم کافئین باعث افزایش حدود ۸ تا ۱۲ میلی‌متر حیوه در فشار خون سیستولیک و ۵ تا ۷ میلی‌متر حیوه در فشار خون دیاستولیک می‌شود [۲۹]. در مطالعه‌ای دیگر، افزایش ۴ تا ۱۰ میلی‌متر حیوه در فشار خون سیستولیک و ۲ تا ۵ میلی‌متر حیوه در فشار خون دیاستولیک گزارش شده است [۳۰]. همچنین رضانی و همکاران افزایش ۱۱ و ۳ میلی‌متر حیوه به ترتیب در فشار خون سیستولی و دیاستولی به دنبال مصرف ۵ میلی‌گرم/کیلوگرم وزن بدن از کافئین گزارش کردند [۳۱]. با این که افزایش فشار خون ناشی از مصرف کافئین به خوبی تأیید شده است، سازوکارهایی که موجب این اثر می‌شوند هنوز به طور کامل تبیین نشده است. سازوکار احتمالی اثر کافئین بر افزایش فشار خون ممکن است از طریق تحریک سمپاتیکی و افزایش مقاومت عروقی

### References

- 1- Jonsdottir I. Exercise immunology: Neuroendocrine regulation of NK-cells. *Int J Sports Med.* 2000 May;21(Sup. 1):20-3.
- 2- Mitchell JB, Dugas JP, McFarlin BK, NELSON MJ. Effect of exercise, heat stress, and hydration on immune cell number and function. *Med Sci Sports Exerc.* 2002 Aug;34(12):1941-50.
- 3- Barberio M, Elmer D, Laird R, Lee K, Gladden B, Pascoe D. Systemic LPS and inflammatory response during consecutive days of exercise in heat. *Int J Sports Med.* 2015 Jan;36(03):262-70.

- 4- Guy JH, Pyne DB, Deakin GB, Miller CM, Edwards AM. Acclimation training improves endurance cycling performance in the heat without inducing endotoxemia. *Front physiol.* 2016 Dec;7:318.
- 5- Satarifard S, Gaeini A, Choobineh S. The effect of exercise on the total number of blood leukocytes and platelets of the athletes in cold, warm and normal temperature conditions. *Armaghane danesh.* 2011 Nov;16(5):433-43. [Full Text in Persian]
- 6- Yang L, Tan GY, Fu YQ, Feng JH, Zhang MH. 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: Toxicol Appl Pharmacol.* 2010 Mar;151(2):204-8.
- 7- Early KS, Earnest CP, Theall B, Lemoine NP, Harrell B, Johannsen NM. Free-living, continuous hypo-hydration, and cardiovascular response to exercise in a heated environment. *Physiol Rep.* 2018 Feb; 6(8):e13672.
- 8- Chevront SN, Kenefick RW, Montain SJ, Sawka MN. Mechanisms of aerobic performance impairment with heat stress and dehydration. *J Appl Physiol.* 2010 Nov;109(6):1989-95.
- 9- Ohira Y, Girandola RN, Simpson DR, Ikawa S. Responses of leukocytes and other hematologic parameters to thermal dehydration. *J Appl Physiol.* 1981 Feb;50(1):38-40.
- 10- Willmott AG, Hayes M, Waldock KA, Relf RL, Watkins ER, James CA, et al. Short-term heat acclimation prior to a multi-day desert ultra-marathon improves physiological and psychological responses without compromising immune status. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017 Aug;35(22):2249-56.
- 11- Goldstein E, Jacobs PL, Whitehurst M, Penhollow T, Antonio J. Caffeine enhances upper body strength in resistance-trained women. *J Int Soc Sports Nutr.* 2010 Jan;7(1):1-6.
- 12- Rahbarghazi A, Siahkoughian M, Bolboli L. Is consuming caffeine affect the blood pressure of swimmers? *Mashhad J Med Sci.* 2018 Feb;61(1):847-52. Full text in Persian
- 13- Sarshin A, Naderi A, da Cruz CJG, Feizolahi F, Forbes SC, Candow DG, et al. The effects of varying doses of caffeine on cardiac parasympathetic reactivation following an acute bout of anaerobic exercise in recreational athletes. *J Int Soc Sports Nutr.* 2020 Dec;17(1):1-10.
- 14- Landrum RE. College students' use of caffeine and its relationship to personality. *Coll Stud J.* 1992 Jan;26(2):151-156.
- 15- Mahon E, Hackett A, Stott T, George K, Davies I. An assessment of the hydration status of recreational endurance athletes during mountain marathon events. *Am J Sports Sci.* 2014 Mar;2(4):77-86.
- 16- Ferreira GA, Felipe LC, Bertuzzi R, Bishop DJ, Barreto E, De-Oliveira FR, et al. The effects of acute and chronic sprint-interval training on cytokine responses are independent of prior caffeine intake. *Front physiol.* 2018 Feb;9:671.
- 17- Siahkoughian M, Khodadadi D, Shahmoradi K. Effects of high-intensity interval training on aerobic and anaerobic indices: Comparison of physically active and inactive men. *Sci Sports.* 2013 Nov;28(5):e119-e25.
- 18- Dill DB, Costill DL. Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *J Appl Physiol.* 1974 Aug;37(2):247-8.
- 19- Del Coso J, Estevez E, Mora-Rodriguez R. Caffeine effects on short-term performance during prolonged exercise in the heat. *Med Sci Sports Exerc.* 2008 Feb;40(4):744-51.
- 20- Sobhani V, Mehrtash M, Fasihi-Ramandi M. The effects of short term supplementation of caffeine on the Vo2max, tumor necrosis factor alpha and interleukin 1 beta in a hot climate in military education center. *J Mil Med.* 2017 Aug;19(2):176-84.
- 21- Yazdani F, Kashef A. Electrocardiogram alterations and VO2max of active male after consuming caffeine with custo diagnostic. *RJMS.* 2018 Dec;25(8):74-82. (Full text in Persian)
- 22- Lamina S, Musa D. Ergogenic effect of varied doses of coffee-caffeine on maximal aerobic power of young African subjects. *Afr Health Sci.* 2009 Jan;9(4):10-12
- 23- Rodas L, Martinez S, Aguilo A, Tauler P. Caffeine supplementation induces higher IL-6 and IL-10 plasma levels in response to a treadmill exercise test. *J Int Soc Sports Nutr.* 2020 Nov;17(1):1-10.

- 24- Vimercatti B, Zovico B, Carvalho B, Barreto B, Machado A. Two doses of caffeine do not increase the risk of exercise-induced muscle damage or leukocytosis. *Phys Edu Sport*. 2008 Nov;19(1):12-15
- 25- Yaghoubi A, Davoudi M, Taheri Chadorneshin H. The effect of caffeine ingestion on cortisol and some immune factors response to exhaustive exercise in inactive women. *J Sport Biosci*. 2017 Dec;8(4):591-606. (Full text in Persian)
- 26- Machado M, Vigo J, Breder A, Simoes J, Ximenes M, Hackney A. Effect of short term caffeine supplementation and intermittent exercise on muscle damage markers. *Biol Sport*. 2009 Nov;26(1):3.
- 27- Olcina GJ, Muñoz D, Timón R, Caballero MJ, Maynar JI, Córdova A, et al. Effect of caffeine on oxidative stress during maximum incremental exercise. *J Sports Sci. Med*. 2006 Aug;5(4):621.
- 28- Peker I, Gören Z, Çiloglu F, Karacabey K, Ozmerdivenli R, Saygın Ö. Effects of caffeine on exercise performance, lactate, ffa, triglycerides, prolactin, cortisol and amylase in maximal aerobic exercise. *Biotechnol Biotechnol Equip*. 2005 Feb;19(2):168-74.
- 29- Cornelis MC, El-Sohemy A. Coffee, caffeine, and coronary heart disease. *Curr Opin Lipidol*. 2007 Jan;18(1):13-9.
- 30- Pilli R, Naidu M, Pingali UR, Takallapally RKR. Study of cardiovascular effects of caffeine in healthy human subjects, with special reference to pulse wave velocity using photoplethysmography. *Int J Nutr Pharmacol Neurol Dis*. 2012 Mar;2(3):243.
- 31- Ramazani A, Yazdani F. The effect of caffeine on blood pressure and cardiovascular inflammatory marker predictive subsequent exhaustive exercise in male. *Daneshvar Med*. 2017 Fall;25(3):81-90. (Full text in Persian)
- 32- Astorino TA, Roberson DW. Efficacy of acute caffeine ingestion for short-term high-intensity exercise performance: a systematic review. *J Strength Cond Res*. 2010 Nov;24(1):257-65.
- 33- Turley KR, Gerst JW. Effects of caffeine on physiological responses to exercise in young boys and girls. *Med Sci Sports Exerc*. 2006 Mar; 38(3):520-6.
- 34- Machado M, Antunes WD, Tamy ALM, Azevedo PG, Barreto JG, Hackney AC. Effect of a single dose of caffeine supplementation and intermittent-interval exercise on muscle damage markers in soccer players. *J Exerc Sci Fit*. 2009 Jan;7(2):91-7.
- 35- Varmazyar N, Behpour N. The effect of caffeine supplementation on fatigue index and blood pressure of aerobic and anaerobic male athletes. *J Sport Biosci Res*. 2013 Nov; 3(10): 57-66.
- 36- Damirchi A, Rahmani-nia F, Mirzaei B, Hasan-Nia S, Ebrahimi M. Effect of caffeine on blood pressure during exercise and at rest in overweight men. *IJEM*. 2009 Jun;10(6):623-63.