Journal of Sport and Exercise Physiology
2024, 17(3): 16-35

Orginal Article

The effects of normal and interrupted sleep combined with acute caffeine supplementation on some immune system indices and anaerobic power in male athletes

Mohammad Hossein Hashemzadeh, Farhad Rahmaniya*, Payam Saidi

Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

Abstract

Background and Purpose: Adequate sleep is recognized as a fundamental factor in enhancing athletic performance. Studies have shown that poor sleep can lead to decreased anaerobic power and increased risk of diseases. Additionally, caffeine consumption, as one of the popular sports supplements, can directly or indirectly affect the immune system through its impact on sleep and rest, and also result in positive effects on performance. In the current study, the effects of normal and interrupted sleep combined with acute caffeine supplementation on some immune system indices and anaerobic power in male athletes were examined.

Materials and Methods: This semi-experimental study was conducted using a randomized design. Fourteen male athletes (mean±SD; age, 22.92±1.32 years; height, 176.4±4.38 cm; weight, 71.42±9.65 kg) participated in this study. Participants were randomly and equally assigned to 2 groups and 2 sessions: 1) normal sleep, caffeine/placebo (NSP/NSC) and 2) Interrupted sleep, caffeine/placebo (ISP/ISC). The supplement group consumed 6 mg of caffeine per kilogram of body weight, while the placebo group consumed chickpea flour. To assess anaerobic power, a Monark cycle ergometer test was applied with 20 seconds of cycling followed by 20 seconds of rest, immediately followed by 12 sets of 4-second cycling with 10-second rests. Blood samples were taken at four time points: 8 AM (baseline), 60 minutes after supplementation, 5 minutes post-test, and 360 minutes post-test.

Results: Five minutes after the test, platelet to lymphocyte ratio (PLR), neutrophil to lymphocyte ratio (NLR), and systemic immune-inflammation (SII) values showed a significant decrease in normal sleep and caffeine conditions compared to interrupted sleep and placebo conditions. Whith blood cells (WBC) values in normal sleep and placebo conditions demonstrated a significant ($p<0.05$) increase compared to other conditions at 360 minutes post-test. Additionally, at 360 minutes post-test, NLR and SII values in interrupted sleep and caffeine conditions showed a significant increase compared to normal sleep and caffeine conditions ($p<0.05$). Caffeine supplementation significantly increased NLR and SII values in interrupted sleep and caffeine conditions compared to normal sleep and placebo conditions ($p<0.05$).

* Corresponding Author's E-mail: rahmani@guilan.ac.ir
https://doi.org/10.48308/joeppa.2024.235866.1259
Received: 29/05/2024 Revised: 11/07/2024 Accepted: 13/07/2024

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Caffeine consumption led to a significant increase in peak power in the normal sleep group compared to other conditions ($p<0.05$).

Conclusion: The results indicated that sleep deprivation negatively impacts immune system indicators, and caffeine supplementation after sleep deprivation improves some immune markers. Although the ergogenic effects of caffeine were confirmed under normal sleep conditions, the lack of enhancement in anaerobic performance with caffeine supplementation during sleep deprivation suggests a need for further research on the effects of different dosages of caffeine supplementation on anaerobic performance. Therefore, considering the improvement in immune function markers under sleep deprivation with caffeine supplementation, even without enhancing anaerobic performance, and the fact that sleep deprivation strongly activates the body's inflammatory signaling network, the use of this supplement can be recommended for athletes in conditions of sleep deprivation and before intense activities.

Keywords: Sleep Deprivation, caffeine, Immune System, Monark Cycle Ergometer

How to cite this article: Hashemzadeh MH, Rahmaniya F, Saidi P. The effects of normal and interrupted sleep combined with acute caffeine supplementation on some immune system indices and anaerobic power in male athletes. J Sport Exerc Physiol. 2024;17(3):16-35.

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی
۱۴۰۳، دوره ۱۷، شماره ۳، صفحه‌های ۱۶-۳۵

مقاله پژوهشی

آثار خواب عادی و منقطع به‌همراه مکمل‌یاری حاد کافئین بر برخی شاخص‌های دستگاه ایمنی و توان بی‌هوازی مردان ورزشکار

محمدحسین هاشم‌زاده، فرهاد رحمانی‌نیا*، پیام سعیدی

گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

چکیده

زمینه و هدف: خواب مناسب عاملی اساسی در بهبود عملکرد ورزشی است. بر اساس نتایج پژوهش‌ها خواب نامناسب می‌تواند به کاهش توان بی‌هوازی و افزایش خطر بیماری‌ها منجر شود. همچنین مصرف کافئین به‌عنوان یکی از مکمل‌های محبوب ورزشی، می‌تواند به‌طور مستقیم یا از طریق تأثیر روی خواب و استراحت به دستگاه ایمنی اثر بگذارد و همچنین سبب تأثیرات مثبت در عملکرد شود. در پژوهش حاضر آثار خواب عادی و منقطع به‌همراه مکمل‌یاری حاد کافئین بر برخی شاخص‌های دستگاه ایمنی و توان بی‌هوازی مردان ورزشکار بررسی شد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی و با روش طرح تصادفی اجرا شد. ۱۴ مرد ورزشکار (سن ۱/۳۲±۲۲/۹۲سال، قد ۴/۳۸±۱۷۶/۴سانتی‌متر و وزن ۹/۶۵±۷۱/۴۲ کیلوگرم) در این پژوهش شرکت کردند. افراد به‌صورت تصادفی و مساوی به دو گروه و دو نوبت ۱. خواب عادی، کافئین/دارونما (NSP/NSC) و ۲. خواب منقطع، کافئین/دارونما (ISP/ISC) جایگزین شدند. گروه مکمل (شش میلی‌گرم کافئین در هر کیلوگرم وزن بدن) و گروه دارونما (آرد نخود) مصرف کردند. به‌منظور ارزیابی توان بی‌هوازی چرخ کارسنج مونارک ۲۰ ثانیه‌ای و در پی آن ۲۰ ثانیه استراحت اعمال شد که بلافاصله با ۱۲ وهلهٔ چهارثانیه‌ای چرخ کارسنج با استراحت‌های ۱۰ ثانیه‌ای بود. خون‌گیری در چهار زمان: هشت بامداد (پایه)، ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری، پنج دقیقه پس از آزمون و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون، انجام گرفت.

نتایج: در زمان پنج دقیقه پس از آزمون مقادیر نسبت پلاکت به لنفوسیت (PLR)، نسبت نوتروفیل به لنفوسیت (NLR) و التهاب سیستمیک ایمنی (SII) در شرایط خواب عادی و کافئین کاهش معناداری نسبت به شرایط خواب منقطع و دارونما داشت. مقادیر WBC در زمان ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون در شرایط خواب عادی و دارونما نسبت به سایر شرایط افزایش معنادار داشت. همچنین ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون مقادیر NLR و SII در شرایط خواب منقطع و کافئین نسبت به شرایط خواب عادی و کافئین افزایش معناداری نشان داد. مکمل‌یاری کافئین سبب افزایش معنادار در مقادیر NLR و SII در شرایط خواب منقطع و کافئین نسبت به شرایط خواب عادی و دارونما شد. همچنین مصرف کافئین سبب افزایش معنادار اوج توان در گروه خواب عادی نسبت به سایر شرایط شد (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد محرومیت از خواب تأثیر منفی بر شاخص‌های دستگاه ایمنی دارد و مصرف مکمل کافئین پس از محرومیت از خواب موجب بهبود برخی از شاخص‌های ایمنی می‌شود و اگرچه تأثیرات ارگوژنیک کافئین در حالت خواب عادی تأیید شد، با توجه به عدم تأیید افزایش عملکرد بی‌هوازی در حالت بی‌خوابی همراه با مکمل‌یاری کافئین، با این همه دربارهٔ اثر مقدار مصرفی مکمل‌یاری کافئین و تأیید اثرگذاری احتمالی آن در مقدار مصرفی دیگر بر عملکرد بی‌هوازی همچنان به پژوهش‌های بیشتری نیاز است. بنابراین با توجه به بهبود شاخص‌های عملکرد ایمنی در شرایط بی‌خوابی با استفاده از مکمل کافئین، حتی در صورت عدم تقویت عملکرد بی‌هوازی، و اینکه بی‌خوابی شبکهٔ پیام‌رسانی التهاب در بدن را قویاً فعال می‌کند، می‌توان استفاده از این مکمل را برای

* رایانامه نویسنده مسئول: rahmani@guilan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۹ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۳

ورزشکاران در شرایط بی‌خوابی و پیش از فعالیت‌های شدید، توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: محرومیت از خواب، کافئین، سیستم ایمنی، چرخ کارسنج مونارک

نحوه استناد به این مقاله: هاشم‌زاده م ح، رحمانی‌نیا ف، سعیدی پ. آثار خواب عادی و منقطع به‌همراه مکمل¬یاری حاد کافئین بر برخی شاخص‌های دستگاه ایمنی و توان بی‌هوازی مردان ورزشکار. نشریهٔ فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۱۴۰۳؛ ۱۷(۳):۱۶-۳۵.

مقدمه

خواب فرایندی است که بر تنظیم هومئوستاتیک دستگاه‌های عصبی خودکار، غدد درون‌ریز و دستگاه ایمنی بدن تأثیر می‌گذارد (۱، ۲). خواب حدود یک‌سوم زندگی انسان را تشکیل می‌دهد. مقدار خواب توصیه‌شده برای فرد بالغ سالم ۷-۹ ساعت در روز است (۳). در جامعهٔ امروزی، مدت زمان خواب به‌طور چشمگیری کاهش یافته است و بسیاری از افراد خواب کافی ندارند (۴، ۵). اختلال خواب به معنای اختلال در کیفیت، زمان و میزان خواب است، به‌گونه‌ای که در طول روز سبب کاهش عملکرد بدنی و روانی در فرد می‌شود (۶). برای درک علت بیماری‌های مربوط به دستگاه ایمنی خواب، مهم است که بدانیم خواب ناکافی چگونه بر دستگاه ایمنی بدن تأثیر می‌گذارد. تغییرات در طول مدت خواب، چه از نظر تجربی و چه در پژوهش‌ها، به تغییرات در عملکرد ایمنی مربوط می‌شود که در تنظیم تعداد و فعالیت سلول‌های ایمنی نمایان می‌شود (۷). برای نمونه کاهش فعالیت لنفوسیت‌های کشندهٔ طبیعی، پس از یک محدودیت آزمایشی خواب به مدت پنج ساعت در مردان سالم (کمتر از هفت ساعت خواب) نشان داده شده است (۸). محرومیت کوتاه‌مدت از خواب، به‌طور کلی یا جزئی، سبب افزایش تعداد گلبول‌های سفید[1](WBC) در گردش خون می‌شود (۶). خواب کافی و کامل برای ورزشکاران بسیار مهم است، زیرا کمبود خواب مسئله‌ای است که می‌تواند به‌طور مستقیم با تأثیر بر دستگاه‌های فیزیولوژیکی بدن عملکرد ورزشکاران را تحت تأثیر قرار دهد و این نگرانی را در ورزشکاران و مربیان به‌وجود بیاورد که خواب تا چه اندازه می‌تواند ضروری باشد و آثار مخرب بر دستگاه‌های مختلف بدن داشته باشد (۹). برخی پژوهش‌ها که آثار محرومیت از خواب را بر سلامت جسمی و روانی بررسی کرده‌اند، گزارش کرده‌اند که کمبود خواب بر کارکردهای فیزیولوژیکی مانند استقامت عضلانی، قدرت عضلانی، ضربان قلب، پاسخ‌های بدنی و تنفسی تأثیر نمی‌گذارد. از سوی دیگر، اختلالات خواب می‌تواند با بر هم زدن الگوهای خواب بر ترشح برخی هورمون‌ها و دستگاه ایمنی بدن تأثیرگذار باشد (۱۰). همچنین یکی از محبوب‌ترین ابزارها برای دستکاری وضعیت فیزیولوژیکی و روانی، استفاده از کافئین است که بیشتر به شکل قهوه تهیه می‌شود (۱۱). کافئین یک محرک آلکالوئیدی از خانوادهٔ متیل گزانتین است که شکل خالص آن پودری سفید و تلخ است و از کربن، هیدروژن، نیتروژن و اکسیژن تشکیل شده است. کافئین از پرمصرف‌ترین داروها در جهان به‌شمار می‌رود. این ماده به‌طور عمده از گیاهی به اسم کافئا عربیکا به‌دست می‌آید و در قهوه، چای، کاکائو و غیره یافت می‌شود. یک فنجان ۱۵۰ میلی‌لیتری چای، قهوه و کاکائو به‌ترتیب حاوی پنج تا ۴۰ میلی‌گرم کافئین است (۱۲). مصرف دوزهای کم تا متوسط کافئین را از سه تا شش میلی‌گرم بر کیلوگرم، کم و بیش ۶۰ دقیقه پیش از ورزش توصیه می‌کنند؛ البته زمان بهینه شاید به شکل کافئین بستگی داشته باشد (۱۳). سه شاخص نسبت پلاکت به لنفوسیت [2](PLR)، نسبت نوتروفیل به لنفوسیت[3] (NLR) و التهاب سیستمیک ایمنی [4](SII) برای بررسی تعامل دستگاه التهابی و ایمنی در بیماران استفاده می‌شوند. SII ترکیبی از سطوح لنفوسیت، پلاکت و نوتروفیل‌هاست. بررسی‌ها نشان داده است که افزایش مقدار SII به افزایش شدت التهاب بدن و افزایش خطر بروز بیماری‌های مختلفی از جمله سرطان، بیماری‌های قلبی- عروقی و دیابت وابسته است (۱۴). شاخص NLR، نسبت سلول‌های نوتروفیل به سلول‌های لنفوسیت را نشان می‌دهد. افزایش NLR به افزایش شدت التهاب بدن و خطر بروز بیماری‌های مختلف مانند بیماری‌های قلبی- عروقی، سرطان و عفونت‌های دستگاهی بستگی دارد. PLR نسبت سطح پلاکت به سطح لنفوسیت را نشان می‌دهد که به افزایش شدت التهاب بدن و خطر بروز بیماری‌های گوناگون مانند بیماری‌های قلبی- عروقی، سرطان و عفونت‌های دستگاهی بستگی دارد (۱۵). دستگاه ایمنی و دستگاه التهابی دو دستگاه مستقل از هم هستند، اما با یکدیگر تعامل دارند. هر دو دستگاه به‌منظور حفظ سلامت بدن و مقابله با عوامل بیماری‌زا

فعالیت می‌کنند. در بسیاری از شرایط، دستگاه ایمنی و دستگاه التهابی با همکاری و هماهنگی موجب ایجاد پاسخ دفاعی مؤثر برای مقابله با عوامل بیماری‌زا می‌شوند (۱۶). کافئین می‌تواند به‌طور مستقیم بر دستگاه ایمنی تأثیر داشته باشد یا از طریق تأثیر روی خواب و استراحت به دستگاه ایمنی اثر بگذارد. گمان می‌رود مصرف زیاد کافئین موجب تقلیل مدت زمان خواب شود و در نتیجه، کیفیت خواب و بازسازی دستگاه ایمنی را کاهش دهد. بر اساس نتایج پژوهش‌ها خواب و کافئین می‌توانند بر لنفوسیت‌ها تأثیر بگذارند. برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که خواب کافی می‌تواند تعداد و کارکرد لنفوسیت‌ها را بهبود بخشد و به تقویت دستگاه ایمنی کمک کند (۱۷). یکی از دلایل احساس خستگی افزایش آدنوزین و اتصال آن با گیرنده‌های خود است. این ترکیبات شیمیایی طی فعالیت‌های روزانه تولید می‌شوند و افزایش آن سبب بروز احساس خستگی می‌شود. متابولیت‌های کافئین به‌دلیل شباهت بسیار زیاد با آدنوزین بر روی گیرنده‌های آن قرار می‌گیرند و از ارسال پیام خستگی جلوگیری می‌کنند (۱۸). از همین روی شخص به‌دلیل کاهش خستگی مدت زمان بیشتری به فعالیت ادامه می‌دهد. کافئین با کاهش آستانهٔ تحریک نورون‌های عصبی موجب افزایش واکنش به محرک‌های خارجی توسط فرد می‌شود. افزون بر این، کافئین با فراخوانی تعداد بیشتری از واحدهای حرکتی- عضلانی موجب افزایش قدرت خواهد شد (۱۹). توصیهٔ کلی کافئین برای بهبود کارکرد، مصرف سه تا شش میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن ۶۰ دقیقه پیش از شروع فعالیت است و در این پژوهش از دوز شش میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن استفاده شد (۲۰). شیروانی و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی اثر کوتاه‌مدت مکمل کافئین در دستگاه ایمنی غدد درون‌ریز پاسخ به ورزش شدید حاد نشان دادند مصرف مکمل کافئین دستگاه ایمنی را به‌طور معناداری افزایش داد (۲۱). بودجلتیا و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی اثر محرومیت از خواب بر گلبول‌های سفید نشان دادند محرومیت از خواب سبب افزایش گلبول‌های سفید می‌شود (۲۲). کریستوفرسون و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی تأثیر محرومیت حاد خواب بر جمعیت و عملکرد نوتروفیل‌های در گردش خون نشان دادند افزایش معناداری در WBC پس از محرومیت از خواب وجود دارد (۲۳). کیدیر و همکاران (۲۰۲۳) با بررسی اختلال وابسته به خواب و شاخص دستگاه ایمنی-التهاب نشان دادند خواب‌آلودگی در طول روز و محرومیت از خواب سبب افزایش در NLR، SII و PLR می‌شود (۲۴). کادی و همکاران (۲۰۲۳) با بررسی ارتباط شاخص‌های ایمنی- التهاب با حضور و شدت نشانگان آپنه انسدادی خواب، بیان کردند افرادی که دچار اختلال خواب بودند، افزایش در NLR، SII و PLR را تجربه کردند (۲۵). یانوی و همکاران (۲۰۲۳) با بررسی همبستگی بین بی‌تحرکی، ورزش و اختلال خواب نشان دادند افرادی که دارای اختلال خواب بودند، بیشتر مستعد بروز التهاب هستند و افزایش معناداری در WBC، NLR، SII و PLR دیده می‌شود (۲۶). روئیز و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی تغییرات دستگاه ایمنی با محرومیت کامل از خواب در داوطلبان مرد سالم نشان دادند محرومیت از خواب سبب تفاوت معناداری در لنفوسیت‌ها، مونوسیت‌ها، ائوزینوفیل‌ها و بازوفیل‌ها می‌شود، اما تفاوت معناداری در WBC به‌وجود نمی‌آورد (۲۷). لاسلین و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی تأثیر محدودیت خواب طولانی‌مدت و بازیافت پس از آن در مورد آهنگ شبانه‌روزی زیرجمعیت‌های گلبول‌های سفید نشان دادند محدودیت خواب و بازیافت پس از آن، به‌طور خطی سبب افزایش در تعداد کل WBC، مونوسیت، نوتروفیل و لنفوسیت شد (۶). مجری و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی تأثیر دو نوع محرومیت از خواب بر پاسخ‌های ایمنی در طول ورزش متناوب بیان کردند پس از ورزش، محرومیت از خواب موجب کاهش گلبول‌های سفید می‌شود (۲۸). جاس مور و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی آثار کم‌خوابی حاد و مکمل کافئین بر کارکرد بی‌هوازی پرداختند؛ هر شرکت‌کننده در این پژوهش به چهار جلسه آزمون نیاز داشت؛ یک جلسه محرومیت از خواب شب بدون

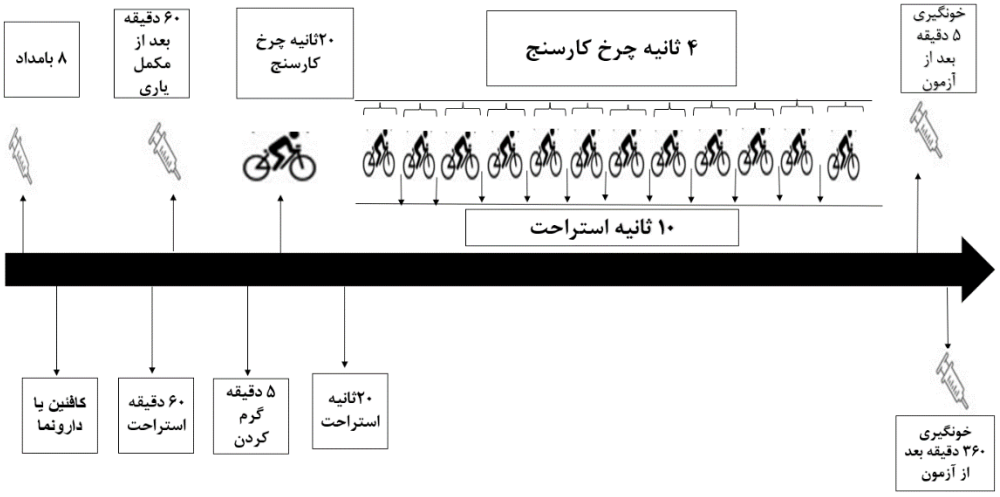
مکمل، یک شب کم‌خواب با مکمل کافئین شش میلی‌گرم بر وزن بدن و یک خواب شب محروم با دارونما که بیان کردند تفاوت معناداری در مقایسهٔ مداخلات بدون خواب و محرومیت از خواب هنگام مقایسهٔ داده‌های کافئین و دارونما در حالت محرومیت از خواب، در کارکرد بی‌هوازی دیده نشد (۲۹). واردار و همکاران (۲۰۰۷) پژوهشی با موضوع «محرومیت از خواب باعث اضطراب و تأثیر بر عملکرد بی‌هوازی می‌شود» انجام دادند. در این پژوهش سه گروه وجود داشت: گروه اول آزمودنی‌های خواب کامل، گروه دوم آزمودنی‌های ۳۰ ساعت محرومیت از خواب و گروه سوم محرومیت نیمه‌شب از خواب. نتایج نشان داد ۳۰ ساعت بیداری مداوم شاید سطح اضطراب را بدون آسیب رساندن به کارکرد بی‌هوازی افزایش دهد، درحالی‌که یک شب محرومیت نسبی از خواب هم بر اضطراب حالت و هم بر عملکرد بی‌هوازی بی‌اثر بود (۳۰). پژوهش‌های محدودی به بررسی همزمان تأثیر خواب عادی و منقطع به‌همراه مصرف حاد کافئین بر شاخص‌های ایمنی و توان بی‌هوازی پرداخته‌اند. این موضوع به‌ویژه برای ورزشکاران که نیازمند حفظ سطح بالای عملکرد و سلامتی هستند، اهمیت ویژه‌ای دارد. بنابراین پژوهش حاضر به‌منظور پر کردن این خلأ پژوهشی، تأثیرات خواب عادی و منقطع به‌همراه مکمل‌یاری حاد کافئین بر برخی شاخص‌های ایمنی و توان بی‌هوازی مردان ورزشکار را بررسی می‌کند. هدف اصلی این تحقیق درک بهتر تأثیرات متقابل این دو عامل بر بهبود یا تضعیف عملکرد ورزشی و سلامت عمومی ورزشکاران است که می‌تواند به توسعهٔ راهبردهای بهینه برای بهبود عملکرد و سلامت آن‌ها منجر شود.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی است و با روش طرح تصادفی اجرا شد. بر اساس نرم‌افزار G-POWER و ثبت حجم نمونهٔ موردنظر اندازهٔ اثر متوسط ۰/۲۵ و نسبت آلفا / بتا برابر ۱، احتمال خطای نوع اول یا آلفا ۰/۰۵ و توان آزمون ۰/۹ (۲ گروه با چهار بار اندازه‌گیری) ۱۴ نفر در نظر گرفته شد. افراد از طریق فراخوانی در باشگاه‌های رشت، ۶۰ نفر از مردان ورزشکار پس از ارزیابی اولیه به‌منظور شرکت در آزمون انتخاب شدند. ملاک ورود به آزمون شامل نداشتن اختلال خواب، مصرف نکردن داروی خواب‌آور یا دارویی که سبب بی‌خوابی شود، مصرف نکردن دخانیات، کافئین و پتاسیم در شب آزمون بود. پس از تأیید نهایی ۱۴ نفر پس از پر کردن رضایت‌نامه به‌عنوان آزمودنی انتخاب شدند. پژوهش حاضر با دریافت کد اخلاق (شناسهٔ اخلاق از دانشگاه علوم پزشکی ETHICS-2401-1052 (R1)) و موافق با موازین هلسینکی اجرا شد. از شرکت‌کنندگان خواسته شد ۲۴ ساعت پیش از اجرا برنامه، چای سبز و سیاه و کافئین، مواد حاوی کافئین را از برنامهٔ غذایی خود حذف کنند و از اجرای ورزش شدید و تمرینات با وزنه ۷۲ ساعت پیش از اجرای برنامه و خون‌گیری بپرهیزند؛ از همهٔ آزمودنی‌ها رضایت‌نامهٔ کتبی گرفته شد. یک هفته پیش از آغاز آزمون، آزمودنی‌ها با روش اجرای آزمون و نحوهٔ انجام آزمون‌ها آشنا شدند. هر آزمودنی در صورت عدم رضایت از ادامهٔ کار اختیار خروج از پژوهش را داشت. اندازه‌گیری‌های اولیه: قد (قدسنج دیواری) و وزن (ترازوی مدرج)، انجام شد. آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی در یکی از دو گروه ذیل قرار گرفتند: ۱. خواب عادی (NS)[5] و۲. خواب منقطع (IS)[6] که تعداد آزمودنی هر گروه هفت نفر بود که آزمودنی‌های هر گروه یک بار شرایط مکمل‌یاری و یک بار شرایط دارونما را تجربه کردند و نمونه‌گیری خونی در چهار مرحله صورت گرفت: ۱. زمان پایه (هشت بامداد)؛ ۲. ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری؛ ۳. پنج دقیقه پس از آزمون و ۴. ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون.

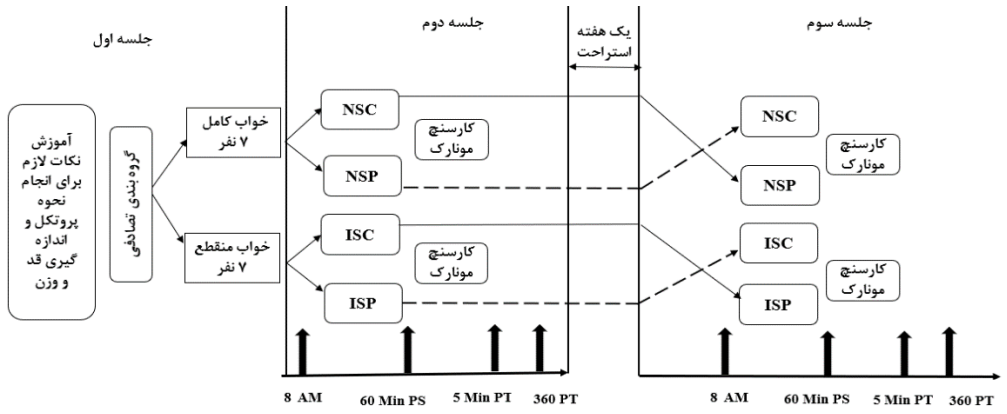
روش اجرای پژوهش: آزمودنی‌هایی که در گروه NS قرار داشتند، خواب کامل شبانه را تجربه کردند و میزان خواب توصیه‌شده به آن‌ها هشت ساعت در شب بود و آزمودنی‌هایی که در گروه IS قرار داشتند، ساعت ۱۰ شب به خواب می‌رفتند و پس از ۹۰ دقیقه سپری شدن از خوابشان بیداری ۳۰ دقیقه را تجربه کردند و این چرخه تا هفت صبح به‌صورت تناوبی ادامه داشت. شایان ذکر است با توجه به دسترس‌پذیری و حضور آزمودنی‌ها

در خوابگاه‌های دانشجویی، آزمودنی‌ها در اتاق‌های خوابگاه خود برای هر دو گروه خواب عادی و خواب منقطع بررسی شدند. کنترل شرایط خواب منقطع توسط یکی از دانشجویان ساکن در خوابگاه پسرانه به‌صورت حضوری انجام گرفت. این روش مطابق با روش‌های پژوهش کاربردی پیشین در این زمینه صورت گرفت (۳۱). آزمون بی‌هوازی مونارک پس از مصرف کافئین یا دارونما پس از گذشت ۶۰ دقیقه، ورزشکاران به مدت پنج دقیقه به گرم کردن پرداختند و به‌منظور ارزیابی توان بی‌هوازی چرخ کارسنج مونارک ۲۰ ثانیه‌ای و در پی آن ۲۰ ثانیه استراحت اعمال شد که بلافاصله با ۱۲ وهلهٔ چهارثانیه‌ای چرخ کارسنج با استراحت‌های ۱۰ ثانیه‌ای بود (شکل ۱). میزان وزنه اعمال‌شده برای ورزشکاران معادل ۸ درصد وزن بدن در نظر گرفته شد.



شکل ۱. طرحوارهٔ برنامه

روش‌های آزمایشگاهی: در این پژوهش ۶۰ دقیقه پیش از شروع آزمون، شرکت‌کنندگان شش میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن قرص کافئین (برند Enercaff 200) یا دارونما را به‌صورت تصادفی در قالب کپسول مصرف کردند. برای یکسان‌سازی و رعایت شرایط دوسوکور از کپسول برای ارائهٔ مکمل و دارونما به آزمودنی‌ها استفاده شد. مقدار مصرفی کافئین برای هر آزمودنی بر اساس وزن بدن تعیین شد، به‌طوری‌که هر آزمودنی به مقدار شش میلی‌گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن دریافت کرد. همچنین به مقدار برابر برای دارونما از آرد نخود استفاده شد. برای اطمینان از دقت در مقدار مصرفی، مقدار مورد نیاز هر آزمودنی محاسبه و در کپسول‌های مشخص‌شده قرار گرفت. کپسول‌های مکمل و دارونما بدون آگاهی آزمونگر توسط فرد ثالث بر اساس قرعه‌کشی به آزمودنی‌ها داده شد. آزمودنی‌های گروه مکمل ساعت هشت صبح کپسول حاوی کافئین را ۶۰ دقیقه پیش از فعالیت مصرف کردند، نمونه‌های خونی پیش و ۶۰ دقیقه پس از مصرف مکمل، ۵ و ۳۶۰ دقیقه پس از اجرای آزمون بی‌هوازی جمع‌آوری شد. این عمل توسط کارشناس آزمایشگاه صورت گرفت و خون‌های به‌دست‌آمده به‌صورت سرمی به آزمایشگاه فرستاده شد. برای جداسازی سرم، نمونه‌های خونی به مدت نیم ساعت در دمای اتاق قرار داده شد تا لخته شوند. پس از این مدت، نمونه‌های خونی در سانتریفیوژ با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه و به مدت پنج دقیقه در دو مرحلهٔ مجزا سانتریفیوژ شدند. این فرایند به‌طور دقیق انجام گرفت تا سرم از سایر اجزای خون جدا شده و برای تحلیل‌های بعدی آماده شود.



شکل ۲. طرح کلی پژوهش

8 AM: پایه، 60 Min PS: ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری، 5MinPT: ۵ دقیقه پس از آزمون و 360PT: ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون

NSC[7]: خواب عادی کافئین، NSP[8]: خواب عادی دارونما، ISC[9]: خواب منقطع کافئین و ISP[10]: خواب منقطع دارونما

تحلیل آماری: در بخش تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، توزیع طبیعی داده‌ها از طریق آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد و به‌منظور بررسی تفاوت‌های درون‌گروهی و بین‌گروهی از آزمون تجزیه‌وتحلیل واریانس دوطرفه با اندازه‌گیری مکرر و برای تعیین تفاوت معناداری از آزمون بنفرونی استفاده شد. سطح معناداری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

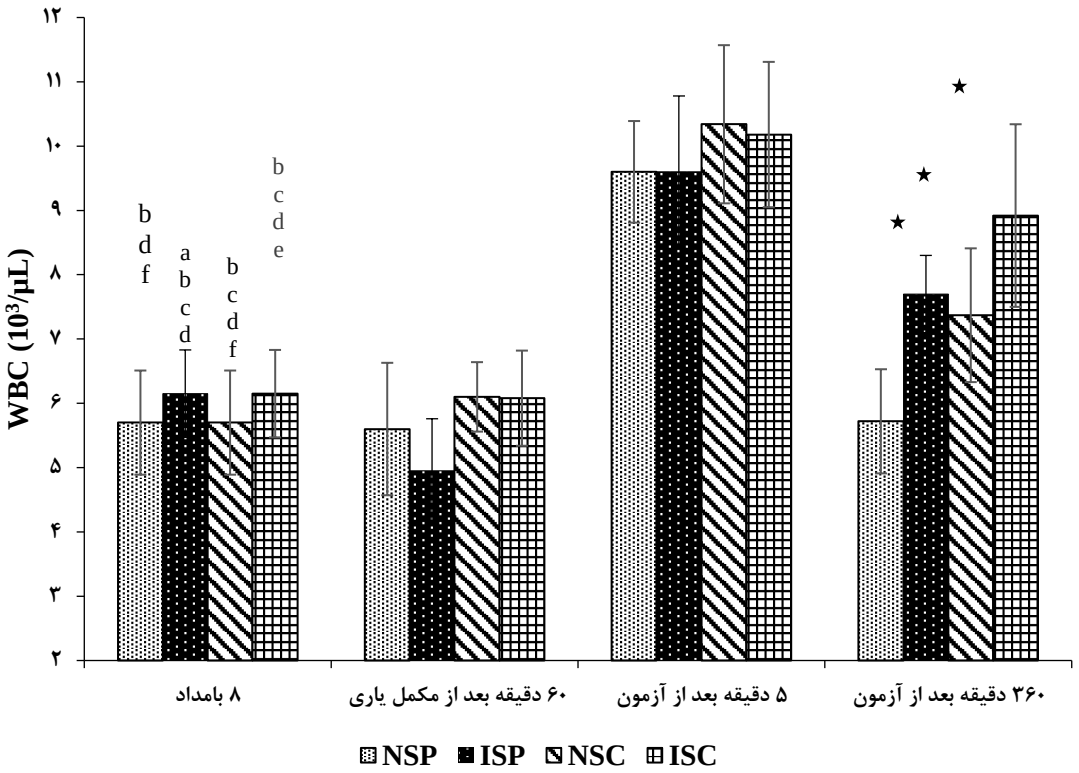
نتایج

مشخصات فردی آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. مشخصات ویژگی‌های فردی و پیکرسنجی آزمودنی‌ها

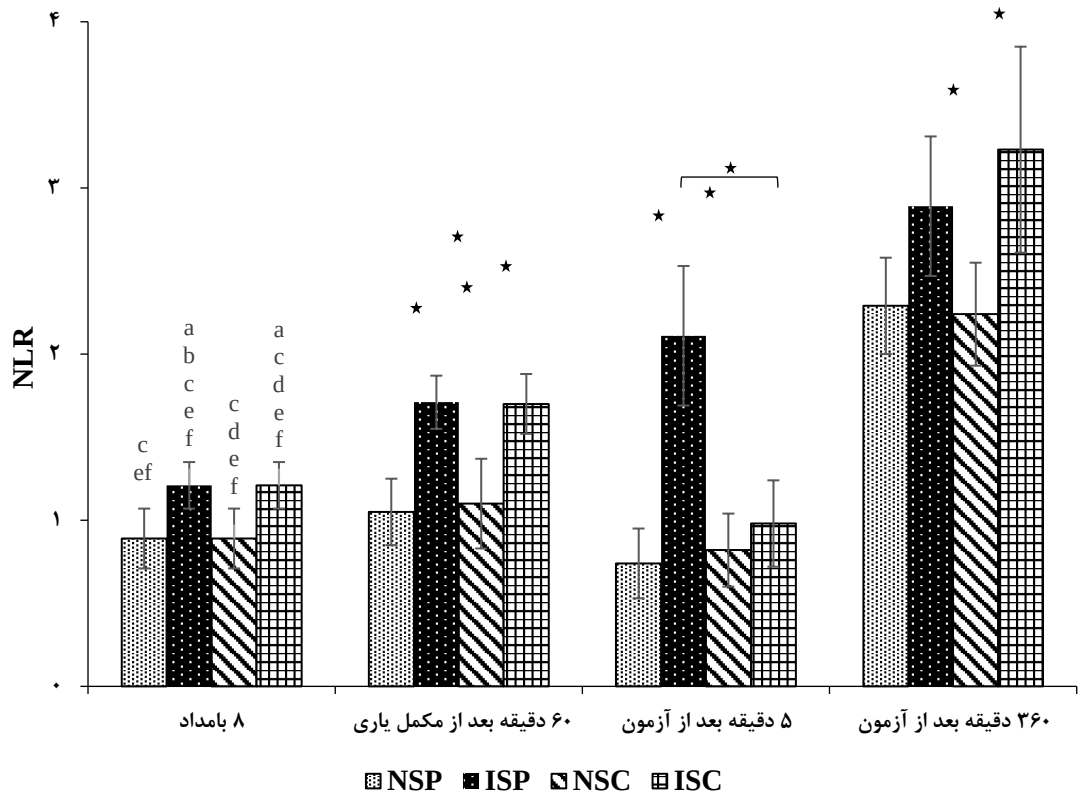
متغیر	خواب عادی	خواب منقطع
سن (سال)	۲۳/۲۸±۱/۲۵	۲۲/۵۷±۱/۳۹
قد (سانتی‌متر)	۱۷۶/۱۴±۴/۵۹	۱۷۷/۱۴±۴/۱۸
وزن (کیلوگرم)	۷۱/۲۸±۶/۹۴	۷۱/۵۷±۱۲/۳۶

مقادیر WBC در هر چهار شرایط در زمان‌های خون‌گیری پایه و پنج دقیقه پس از آزمون و زمان‌های خون‌گیری ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری و پنج دقیقه پس از آزمون افزایش معناداری نشان دادند (P<۰/۰۵). به‌جز شرایط ISC در سایر شرایط در زمان خون‌گیری پنج دقیقه پس از آزمون و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون کاهش معناداری نشان دادند (P<۰/۰۵). در همهٔ شرایط به‌جز NSP در زمان خون‌گیری پایه و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون افزایش معناداری مشاهده شد (P<۰/۰۵). در شرایط ISP و ISC در زمان خون‌گیری ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون افزایش معناداری نشان دادند (P<۰/۰۵). در شرایط ISP بین زمان خون‌گیری پایه و ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری کاهش معناداری نشان داده شد (P<۰/۰۵). تغییرات بین‌گروهی در زمان خون‌گیری ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون در شرایط NSP با شرایط ISP، NSC و ISC به‌ترتیب ۳۴، ۲۸ و ۵۵ درصد افزایش معناداری نشان داد و سهم اثر عامل مداخله برابر η2=۰/۰۴۵ بود (P<۰/۰۵).



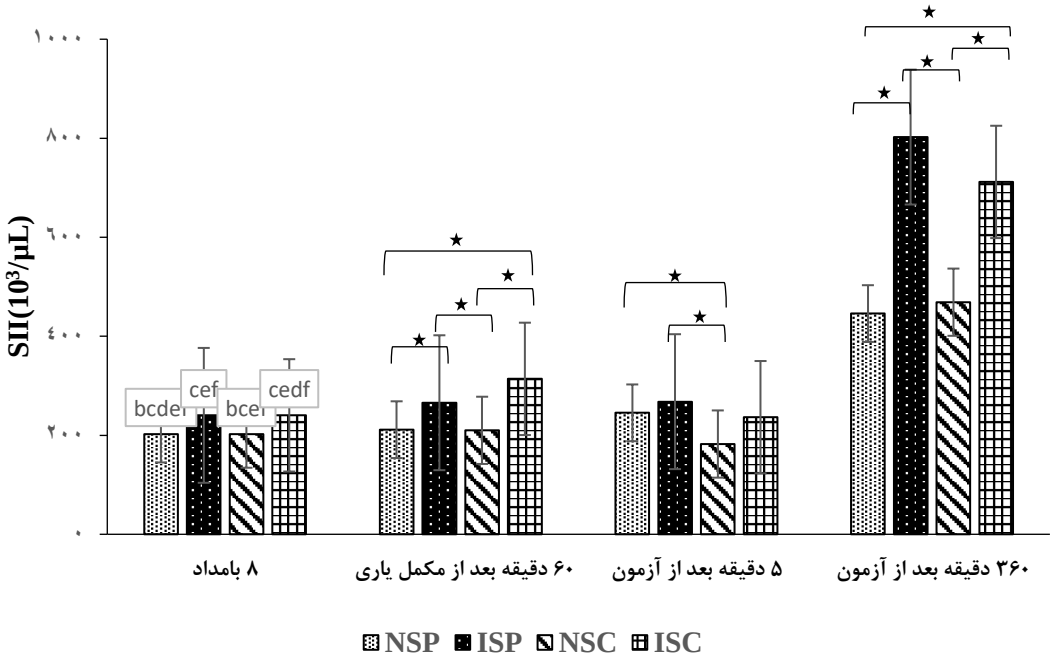
شکل ۳ . مقادیر سرمی WBC (10^3/µL) در زمان پایه، ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری، پنج دقیقه پس از آزمون و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون. علامت ★ نشان‌دهندۀ معناداری بین‌گروهی است. تفاوت‌های درون‌گروهی در زمان‌های مختلف به‌ترتیب a: زمان پایه و ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری، b: زمان پایه و پنج دقیقه پس از آزمون، c: زمان پایه و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون، d: زمان ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری و پنج دقیقه پس از آزمون، e: زمان ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون و f: زمان پنج دقیقه پس از آزمون و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون، مشخص شده است.

مقادیر NLR در زمان خون‌گیری ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون نسبت به سایر زمان‌های خون‌گیری در هر چهار وضعیت افزایش معناداری نشان دادند (P<۰/۰۵). در شرایط NSC و ISC در زمان خون‌گیری ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری و پنج دقیقه پس از آزمون کاهش معناداری مشاهده شد (P<۰/۰۵). در شرایط ISC و ISP در زمان خون‌گیری پایه و ۶۰ دقیقه پس از مکمل-یاری افزایش معناداری مشاهده شد (P<۰/۰۵). در شرایط ISP زمان خون‌گیری پایه و پنج دقیقه پس از آزمون افزایش معناداری مشاهده شد (P<۰/۰۵). تغییرات بین‌گروهی در زمان‌های خون‌گیری ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری و ۳۶۰ و پنج دقیقه پس از آزمون در شرایط ISP و NSC به‌ترتیب ۳۵، ۶۱ و ۲۲ درصد کاهش معناداری یافت (P<۰/۰۵). در زمان‌های خون‌گیری ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری و پنج دقیقه پس از آزمون بین شرایط NSP و ISP به‌ترتیب ۶۲ و ۱۸۵ درصد افزایش معناداری مشاهده شد (P<۰/۰۵). در زمان خون‌گیری ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری در شرایط NSP و NSC با شرایط ISC به‌ترتیب ۶۱ و ۵۴ درصد افزایش معناداری مشاهده شد (P<۰/۰۵). در زمان خون‌گیری پنج دقیقه پس از آزمون بین شرایط ISC و ISP، ۵۳ درصد کاهش معناداری مشاهده شد (P<۰/۰۵). در خون‌گیری ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون بین شرایط NSC و ISC، ۴۴ درصد افزایش معناداری مشاهده شد که سهم اثر عامل مداخله برابر η2=۰/۵۶ است (P<۰/۰۵).



شکل ۴. مقادیر سرمی NLR در زمان پایه، ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری، پنج دقیقه پس از آزمون و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون. علامت ★ نشان‌دهندهٔ معناداری بین‌گروهی است. تفاوت‌های درون‌گروهی در زمان‌های مختلف به‌ترتیب a: زمان پایه و ۶۰ دقیقه پس از مکمل، b: زمان پایه و ۵ دقیقه پس از آزمون، c: زمان پایه و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون، d: زمان ۶۰ دقیقه پس از مکمل و پنج دقیقه پس از آزمون، e: زمان ۶۰ دقیقه پس از مکمل و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون و f: زمان پنج دقیقه پس از آزمون و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون، مشخص شده است.

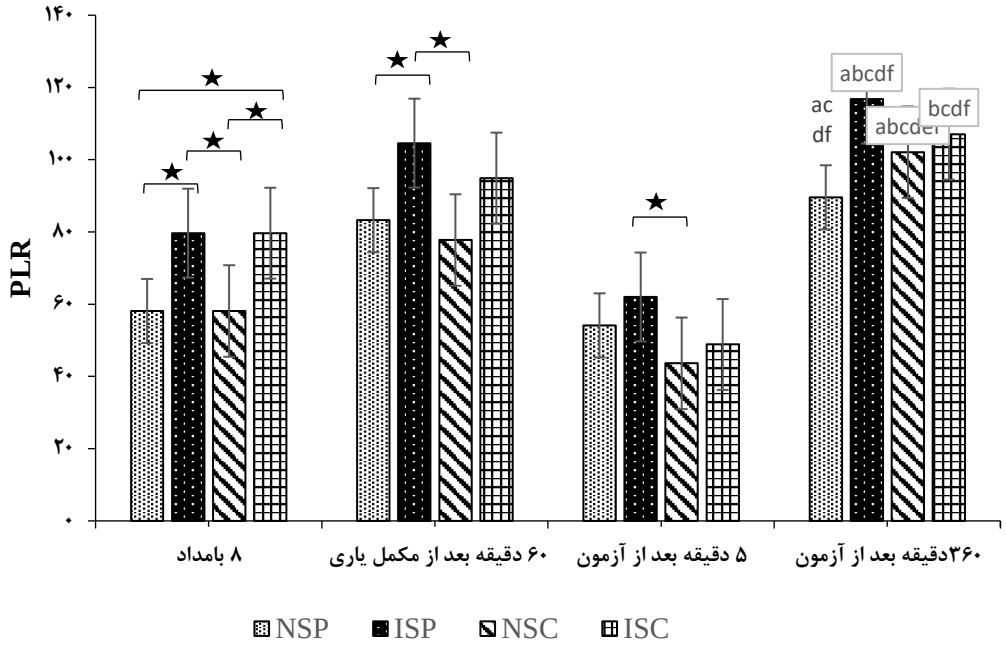
مقادیر SII در هر چهار وضعیت در زمان‌های پایه و ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری و پنج دقیقه پس از آزمون در مقایسه با ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون افزایش معناداری نشان داد (P<۰/۰۵). در زمان خون‌گیری پایه و پنج دقیقه پس از آزمون در شرایط NSP افزایش معنادار و در شرایط NSC کاهش معناداری مشاهده شد (P<۰/۰۵). در زمان خون‌گیری ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری و پنج دقیقه پس از آزمون در شرایط NSP افزایش معناداری مشاهده شد، اما در شرایط ISC کاهش معناداری نشان داد (P<۰/۰۵). تغییرات بین‌گروهی در زمان‌های خون‌گیری ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری، پنج و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون و در شرایط ISP و NSC به‌ترتیب ۲۰، ۳۱ و ۴۱ درصد کاهش معناداری نشان داد (P<۰/۰۵). در زمان خون‌گیری ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری شرایط NSP با شرایط ISP و ISC به‌ترتیب ۲۵و ۴۸ درصد افزایش معناداری نشان داد و در زمان ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون شرایط NSP با شرایط ISP و ISC به‌ترتیب ۷۹ و ۵۹ درصد افزایش معناداری نشان داد و در زمان ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون بین شرایط NSC و ISC به‌ترتیب ۴۹ و ۵۱ درصد افزایش معناداری مشاهده شد (P<۰/۰۵). در زمان خون‌گیری پنج دقیقه پس از آزمون بین شرایط NSP و NSC ۲۵ درصد کاهش معناداری مشاهده شد و سهم اثر عامل مداخله برابر η2=۰/۷۹ بود (P<۰/۰۵).



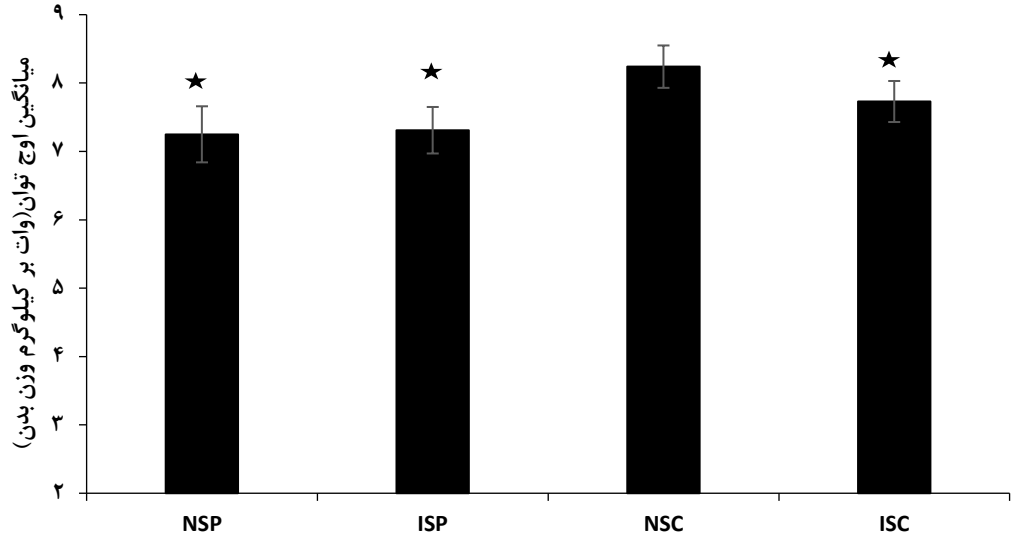
شکل ۵. مقادیر سرمی SII در زمان پایه، ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری، پنج دقیقه پس از آزمون و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون. علامت ★ نشان‌دهندۀ معناداری بین‌گروهی است. تفاوت‌های درون‌گروهی در زمان‌های مختلف به‌ترتیب a: زمان پایه و ۶۰ دقیقه پس از مکمل، b: زمان پایه و پنج دقیقه پس از آزمون، c: زمان پایه و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون، d: زمان ۶۰ دقیقه پس از مکمل و پنج دقیقه پس از آزمون، e: زمان ۶۰ دقیقه پس از مکمل و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون و f: زمان پنج دقیقه پس از آزمون و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون، مشخص شده است.

مقادیر PLR در هر چهار حالت در زمان‌های خون‌گیری پایه و ۳۶۰ و پنج دقیقه پس از آزمون افزایش معناداری نشان داد، اما در زمان ۵ و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون، ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری کاهش معناداری مشاهده شد (P<۰/۰۵). به‌جز در شرایط ISC در سایر شرایط در زمان پایه و ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری افزایش معناداری مشاهده شد (P<۰/۰۵). به‌جز در شرایط NSP در سایر شرایط در زمان پایه و پنج دقیقه پس از آزمون کاهش معناداری مشاهده شد (P<۰/۰۵). تغییرات بین‌گروهی در زمان‌های خون‌گیری پایه، ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری و پنج دقیقه پس از آزمون بین شرایط ISP و NSC به‌ترتیب ۲۷، ۲۵ و ۲۹ درصد کاهش معناداری مشاهده شد (P<۰/۰۵). در زمان‌های خون‌گیری پایه و ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری بین شرایط NSP و ISP به‌ترتیب ۳۷ و ۲۵ درصد افزایش معناداری مشاهده شد و در زمان خون‌گیری پایه بین شرایط NSP و ISC، NSC و ISC هر دو ۳۷ درصد افزایش معناداری نشان دادند و سهم اثر عامل مداخله برابر η2=۰/۳۲ بود (P<۰/۰۵).

اوج توان بین شرایط NSP و NSC و شرایط ISP و NSC به‌ترتیب ۱۳ و ۱۲ درصد افزایش معناداری نشان داد و بین شرایط NSC و ISP ۱۱ درصد کاهش معناداری مشاهده شد (P<۰/۰۵).



شکل ۶. مقادیر سرمی PLR در زمان پایه، ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری، پنج دقیقه پس از آزمون و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون. علامت ★ نشان‌دهندهٔ معناداری بین‌گروهی است. تفاوت‌های درون‌گروهی در زمان‌های مختلف به‌ترتیب a: زمان پایه و ۶۰ دقیقه پس از مکمل، b: زمان پایه و پنج دقیقه پس از آزمون، c: زمان پایه و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون، d: زمان ۶۰ دقیقه پس از مکمل و پنج دقیقه پس از آزمون، e: زمان ۶۰ دقیقه پس از مکمل و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون و f: زمان پنج دقیقه پس از آزمون و ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون، مشخص شده است.



شکل ۷. مقادیر میانگین اوج توان (وات بر کیلوگرم وزن بدن)گروه‌ها
علامت ★ نشان‌دهندهٔ معناداری با گروه NSC است.

بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر تأثیرات خواب عادی و منقطع به‌همراه مکمل‌یاری حاد کافئین بر برخی از شاخص‌های ایمنی و عملکرد بی‌هوازی ورزشکاران مرد بررسی شد. نتایج نشان داد که در شرایط NSP و NSC افزایش معناداری در WBC و SII، در شرایط ISP و ISC افزایش معناداری در NLR، در شرایط NSP و ISP و ISC افزایش معناداری در WBC، NLR، SII و PLR، و در متغیرهای NLR، SII و PLR در شرایط ISP و NSC کاهش معناداری دیده شد و در شرایط NSC و ISC افزایش معناداری داشتند.

محرومیت از خواب سبب افزایش در شاخص‌های WBC، NLR، SII و PLR شد که نشان می‌دهد محرومیت از خواب به افزایش نشانگرهای ایمنی-التهابی در بدن منجر می‌شود. این افزایش، خطر ابتلا به بیماری‌های مختلف از جمله سرطان، بیماری‌های قلبی- عروقی و دیابت را افزایش می‌دهد (۳۲). افزایش تعداد WBC پس از محرومیت از خواب به‌علت تلاش بدن برای مقابله با التهاب و استرسی است که به‌واسطهٔ محرومیت از خواب ایجاد شده است (۳۳). پژوهش‌های متعدد تأیید کرده‌اند که محرومیت از خواب سبب افزایش گلبول‌های سفید می‌شود. بودجلتیا و همکاران (۲۰۰۸)، روئیز و همکاران (۲۰۱۲)، کریستوفرسون و همکاران (۲۰۱۴) و لاسلین و همکاران (۲۰۱۵) همگی نشان دادند که کمبود خواب سبب افزایش تعداد گلبول‌های سفید می‌شود. نتایج این پژوهش‌ها با نتایج پژوهش حاضر همسوست و تأیید می‌کند که محرومیت از خواب به‌طور مستقیم با افزایش پاسخ‌های ایمنی بدن مرتبط است (۶، ۲۲، ۲۳، ۲۷). کیدیر و همکاران (۲۰۲۳)، یانوی و همکاران (۲۰۲۳) و کادی و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهش خود اختلال مرتبط با خواب و شاخص‌های دستگاه ایمنی-التهاب را بررسی و بیان کردند که خواب‌آلودگی در طول روز و اختلال خواب احتمال بروز التهاب را افزایش داد که با افزایش معنادار در WBC، NLR، SII و PLR تأیید شده است که نتایج با پژوهش حاضر همسو بوده است (۲۴-۲۶).

مقادیر WBC پس از آزمون در همهٔ شرایط به‌طور معناداری افزایش یافت که نشان‌دهندهٔ واکنش طبیعی بدن به فشار بدنی واردشده و فرایند ترمیم بافت‌های آسیب‌دیده حین ورزش است (۳۴). در پژوهش مجری و همکاران (۲۰۱۴)، تأثیر دو نوع محرومیت از خواب بر پاسخ‌های ایمنی حین ورزش متناوب بررسی و مشاهده شد که محرومیت از خواب پس از فعالیت ورزشی سبب کاهش WBC می‌شود. این نتایج با یافته‌های پژوهش حاضر همخوانی ندارد که شاید به‌دلیل روش‌های متفاوت محرومیت از خواب باشد. در پژوهش مجری و همکاران، آزمودنی‌ها به دو گروه دیرخواب و زودخواب تقسیم شدند که این شرایط با شرایط بی‌خوابی در پژوهش حاضر متفاوت بود (۲۸). مقادیر WBC در شرایط NSC و ISC در مقایسه با NSPو ISP افزایش بیشتری نشان داد، که مصرف مکمل کافئین سبب افزایش مقادیر WBC پس از توان بی‌هوازی شد، هرچند این افزایش از لحاظ آماری معنادار نبود. در زمان ۳۶۰ دقیقه پس از آزمون، در شرایط NSP افزایش معناداری در مقادیر WBC دیده شد که این مقدار نسبت به سایر شرایط بیشتر بود. این نتایج نشان می‌دهد که ورزش شدید به‌تنهایی به افزایش WBC منجر می‌شود (۳۵). تفاوت معنادار مقادیر WBC در شرایط NSC نسبت به NSP را می‌توان به تفاوت معنادار و پایین‌تر میانگین اوج توان در شرایط NSP نسبت داد. در واقع، میانگین اوج توان بالاتر در گروهی که مکمل کافئین مصرف کرده بودند، نشان‌دهندهٔ کار بیشتری است که انجام شده و در نتیجه فشار فیزیکی بالاتری در این شرایط تجربه شده است. این شاید به‌دلیل تأثیرات سوخت‌وسازی و هورمونی ناشی از مصرف کافئین باشد، زیرا نشان داده

شده است که کافئین می‌تواند کاتکولامین‌ها و نرخ سوخت‌وساز را افزایش و در عین حال زمان آستانهٔ تحریک‌پذیری عضله را کاهش دهد. همهٔ این عوامل می‌تواند به بهبود عملکرد ورزشی منجر شود و در نتیجه پاسخ طولانی‌تری از افزایش WBC پس از فعالیت شدید بی‌هوازی را نشان دهد. در سایر شرایط نیز می‌توان به مقادیر بالاتر اوج توان نسبت به NSP اشاره کرد، هرچند این تفاوت‌ها از لحاظ آماری معنادار نبودند (۳۶). مهدوی و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی اثر مکمل کافئین بر آزمون وینگیت را بررسی و گزارش کردند که آزمون وینگیت به افزایش معنادار WBC در هر دو گروه کافئین و دارونما منجر شد، اما تفاوت معناداری در مقادیر WBC بین این دو گروه دیده نشد. این نتایج که نشان‌دهندهٔ افزایش معنادار WBC بلافاصله پس از آزمون و عدم تفاوت معنادار بین گروه‌های مکمل و دارونما بود، با نتایج پژوهش حاضر در زمان پنج دقیقه پس از فعالیت ورزشی شدید همخوانی دارد (۳۷). در شرایط ISP، روند افزایشی در مقادیر NLR دیده شد که نشان‌دهندهٔ تأثیر منفی محرومیت از خواب بر شاخص‌های ایمنی است. از سوی دیگر، مکمل کافئین به کاهش معنادار مقادیر NLRپس از آزمون بی‌هوازی انجامید. کافئین می‌تواند با سرکوب برخی مسیرهای التهابی، تولید نوتروفیل‌ها (سلول‌های التهابی) را کاهش دهد و در نتیجه موجب کاهش NLR شود (۳۸). تفاوت معنادار در مقادیر SII پنج دقیقه پس از آزمون بین شرایط NSP و NSC شاید ناشی از تأثیرات ضدالتهابی کافئین است. درحالی‌که بین شرایط ISP و ISC تفاوتی دیده نشد، این عدم تفاوت معنادار در شرایط محرومیت از خواب می‌تواند نشان‌دهندهٔ ناکافی بودن مقدار کافئین مصرف‌شده برای مقابله با التهاب گسترده باشد. تأیید این فرضیه می‌تواند به تفاوت معنادار بین شرایط بی‌خوابی (ISP و ISC) و خواب کامل (NSC و NSP) اشاره کند که نشان‌دهندهٔ افزایش فعالیت سلول‌های ایمنی، افزایش التهاب و افزایش خطر بروز بیماری‌های گوناگون پس از محرومیت از خواب است (۳۴). بر اساس گزارش کادی و همکاران (۲۰۲۳)، نشانگان انسدادی خواب (آپنه) به افزایش SII منجر می‌شود. بنابراین افزایش SII در شرایط ISP و ISC نشان‌دهندهٔ فعال‌سازی بیماری‌های التهابی ناشی از اختلال خواب است که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. شایان ذکر است که الگوی محرومیت از خواب به‌صورت منقطع می‌تواند به توالی خواب و بیداری مختلف بسیاری از بیماری‌ها مانند آپنه اشاره کند. بر اساس گزارش‌های متعدد، بیماری‌های ناشی از اختلال خواب نیز می‌توانند سبب افزایش التهاب سرتاسری شوند (۲۵، ۳۸، ۳۹). در زمان خون‌گیری پایه و ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری، افزایش معناداری در مقادیر PLR در شرایط ISP نسبت به NSP دیده شد. کیدیر و همکاران (۲۰۲۳) با تجزیه‌وتحلیل رابطهٔ بین اختلال خواب و شاخص‌های ایمنی-التهابی بیان کردند که اختلال خواب سبب افزایش نشانگرهای التهابی-ایمنی NLR، SII و PLR می‌شود. این نتایج با یافته‌های پژوهش حاضر همخوانی دارد (۲۴). در شرایط ISP و NSP تفاوت معناداری در میانگین اوج توان دیده نشد که نشان‌دهندهٔ بی‌تأثیر بودن بی‌خوابی بر عملکرد بی‌هوازی است. با این همه، میانگین اوج توان در شرایط NSC به‌طور معناداری نسبت به سایر شرایط افزایش یافت. این افزایش نشان‌دهندهٔ تأثیر کافئین بر دستگاه عصبی مرکزی است که شاید با کاهش مقدار آدنوزین در مغز، به کاهش خستگی و افزایش اوج توان منجر می‌شود (۴۰). باید به این نکته توجه داشت که تفاوت معنادار در میانگین اوج توان بین شرایط NSC و ISC، هم در شرایط پایه و هم ۶۰ دقیقه پس از مکمل‌یاری، نشان‌دهندهٔ افت عملکرد بی‌هوازی ناشی از بی‌خوابی و اثر ارگوژنیک کافئین بر عملکرد

بی‌هوازی در شرایط بی‌خوابی است. اگرچه میانگین اوج توان در شرایط ISP نسبت به ISC تفاوت معناداری نداشت، اما میانگین اوج توان در شرایط ISC بالاتر بود. این نتایج حاکی از آن است که کافئین، حداقل در مقدار مصرفی استفاده‌شده در این پژوهش، نمی‌تواند به‌طور مؤثر تأثیرات بی‌خوابی را جبران کند. واردار و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که محرومیت نسبی از خواب تأثیری بر اضطراب و عملکرد بی‌هوازی ندارد (۳۰). جاس مور و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی با موضوع آثار کم‌خوابی حاد و مکمل کافئین تفاوت معناداری در عملکرد بی‌هوازی بین گروه‌های خواب عادی و خواب منقطع و کافئین و خواب منقطع و دارونما مشاهده نکردند که نتایج دو پژوهش با پژوهش حاضر همسو بود (۲۹).

خواب، کافئین و دستگاه ایمنی با هم ارتباطات متعددی دارند. داشتن الگوی خواب منظم و کیفیت خواب مناسب برای سلامت و عملکرد دستگاه ایمنی بسیار مهم است. محرومیت از خواب سبب افزایش مقادیر WBC، NLR، SII و PLR می‌شود که نشان‌دهندهٔ افزایش فعالیت سلول‌های دستگاه ایمنی، التهاب و خطر بروز بیماری‌های گوناگون است. در مقابل، خواب کافی می‌تواند تعداد و عملکرد شاخص‌های دستگاه ایمنی را بهبود بخشد؛ اگرچه تأثیرات ارگوژنیک کافئین در حالت خواب عادی تأیید شده است، اما با توجه به عدم تأیید افزایش عملکرد بی‌هوازی در حالت بی‌خوابی همراه با مکمل کافئین، به پژوهش‌های بیشتری در زمینهٔ مقدار مصرفی کافئین و تأثیرات احتمالی آن در مقادیر مختلف بر عملکرد بی‌هوازی نیاز است. در نهایت، با توجه به بهبود شاخص‌های ایمنی در شرایط بی‌خوابی با استفاده از مکمل کافئین، حتی در صورت عدم تقویت عملکرد بی‌هوازی، و اینکه بی‌خوابی شبکهٔ پیام‌رسانی التهاب در بدن را به‌شدت فعال می‌کند، می‌توان استفاده از این مکمل را برای ورزشکاران در شرایط بی‌خوابی و پیش از فعالیت‌های شدید توصیه کرد.

تشکر و قدردانی

از همهٔ آزمودنی‌هایی که صادقانه و با صمیمیت در این پژوهش شرکت داشتند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

حمایت مالی

این پژوهش بدون هیچ‌گونه حمایت مالی انجام گرفته است.

مشارکت نویسندگان

همهٔ نویسندگان به‌طور مساوی در انجام این تحقیق مشارکت داشتند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

پی‌نوشت‌ها

[1] Whith blood cells
[2] Platelet-to-Lymphocyte Ratio
[3] Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio
[4] Systemic Immune_Inflammation
[5] Normal sleep
[6] Interrupted sleep
[7] Normal sleep Caffeine
[8] Normal sleep placebo
[9] Interrupted sleep Caffeine
[10] Interrupted sleep placebo

منابع

1. Redwine L, Hauger RL, Gillin JC, Irwin M. Effects of sleep and sleep deprivation on interleukin-6, growth hormone, cortisol, and melatonin levels in humans. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 2000;85(10):3597-603. doi:10.1210/jcem.85.10.6871

2. Chandola T, Ferrie JE, Perski A, Akbaraly T, Marmot MG. The effect of short sleep duration on coronary heart disease risk is greatest among those with sleep disturbance: a prospective study from the Whitehall II cohort. Sleep. 2010;33(6):739-44doi:10.1093/sleep/33.6.739.

3. Kaliyaperumal D, Elango Y, Alagesan M, Santhanakrishanan I. Effects of sleep deprivation on the cognitive performance of nurses working in shift. Journal of clinical and diagnostic research: JCDR. 2017;11(8):CC01. doi:10.7860/JCDR/2017/26029.10324

4. Jennings J, Monk T, Van der Molen M. Sleep deprivation influences some but not all processes of supervisory attention. Psychological Science. 2003;14(5):473-86. doi:10.1111/1467-9280.02456

5. Ohayon M, Wickwire EM, Hirshkowitz M, Albert SM, Avidan A, Daly FJ, et al. National Sleep Foundation's sleep quality recommendations: first report. Sleep health. 2017;3(1):6-19. doi:10.1016/j.bbi.2014.10.004

6. Lasselin J, Rehman J-u, Åkerstedt T, Lekander M, Axelsson J. Effect of long-term sleep restriction and subsequent recovery sleep on the diurnal rhythms of white blood cell subpopulations. Brain, behavior, and immunity. 2015;47:93-9. doi:10.1096/fasebj.10.5.8621064

7. Irwin M, McClintick J, Costlow C, Fortner M, White J, Gillin JC. Partial night sleep deprivation reduces natural killer and celhdar immune responses in humans. The FASEB journal. 1996;10(5):643-53. doi:10.1016/j.bbi.2011.04.004

8. Fondell E, Axelsson J, Franck K, Ploner A, Lekander M, Bälter K, Gaines H. Short natural sleep is associated with higher T cell and lower NK cell activities. Brain, behavior, and immunity. 2011;25(7):1367-75. doi:10.1016/j.bbi.2011.04.004

9. Simpson N, Gibbs E, Matheson G. Optimizing sleep to maximize performance: implications and recommendations for elite athletes. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2017;27(3):266-74. doi:10.1111/sms.12703

10. Sajad A, Abdolali B, Rasoul G, Roodabeh Shakiba T. Effects of sleep deprivation and anaerobic exercises on the serum levels of cortisol and IgA in male athletes. 2015. doi:10.22102/20.5.74 [In Persian]

11. Weinberg BA, Bealer BK. The world of caffeine: the science and culture of the world's most popular drug: Routledge; 2004. doi:10.4324/9780203011799.

12. Ranjbar R, Kordi MR, Gaeini AA. The Effect of Caffeine Ingestion on Anaerobic Power; Fatigue Index and Blood lactateLlevels in Boys Athlete Students. Journal of Sport Biosciences. 2009;1(1):123-36.

13. Pickering C, Kiely J. Are the current guidelines on caffeine use in sport optimal for everyone? Inter-individual variation in caffeine ergogenicity, and a move towards personalised sports nutrition. Sports Medicine. 2018;48:7-16. .doi: 10.1007/s40279-017-0776-1

14. Walzik D, Joisten N, Zacher J, Zimmer P. Transferring clinically established immune inflammation markers into exercise physiology: focus on neutrophil-to-lymphocyte ratio, platelet-to-lymphocyte ratio and systemic immune-inflammation

index. European Journal of Applied Physiology. 2021;121(7):1803-14. doi:10.1007/s00421-021-04668-7

15. Ethelbert RA, Setianingrum EL, Lada CO, Folamauk CLH. Relationship between Sleep Quality and Low Inflammation in Medical Students of Universitas Nusa Cendana. 2023. DOI: 10.36349/easms.2023.v06i03.001

16. Akkaoui MA, Palagini L, Geoffroy PA. Sleep Immune Cross Talk and Insomnia. Neuroinflammation, Gut-Brain Axis and Immunity in Neuropsychiatric Disorders: Springer; 2023. p. 263-73.

17. Baranwal N, Phoebe KY, Siegel NS. Sleep physiology, pathophysiology, and sleep hygiene. Progress in Cardiovascular Diseases. 2023. doi:10.1016/j.pcad.2023.02.005

18. Boyett JC, Giersch GE, Womack CJ, Saunders MJ, Hughey CA, Daley HM, Luden ND. Time of day and training status both impact the efficacy of caffeine for short duration cycling performance. Nutrients. 2016;8(10):639. doi:10.3390/nu8100639

19. Geng Z, Guan S, Wang S, Yu Z, Liu T, Du S, Zhu C. Intercellular mitochondrial transfer in the brain, a new perspective for targeted treatment of central nervous system diseases. CNS Neuroscience & Therapeutics. 2023. doi:10.1111/cns.14344

20. Grgic J, Sabol F, Venier S, Mikulic I, Bratkovic N, Schoenfeld BJ, et al. What dose of caffeine to use: acute effects of 3 doses of caffeine on muscle endurance and strength. International journal of sports physiology and performance. 2019;15(4):470-7. doi:10.1123/ijspp.2019-0433

21. Shirvani H, Arabzadeh E, Akbari J. The short-term effect of caffeine supplementation on immune-endocrine responses to acute intensive exercise. Science & Sports. 2020;35(3):e65-e74. doi:10.1016/j.scispo.2019.07.003

22. Boudjeltia KZ, Faraut B, Stenuit P, Esposito MJ, Dyzma M, Brohée D, et al. Sleep restriction increases white blood cells, mainly neutrophil count, in young healthy men: a pilot study. Vascular health and risk management. 2008;4(6):1467-70. doi:10.2147/vhrm.s3934

23. Christoffersson G, Vågesjö E, Pettersson US, Massena S, Nilsson EK, Broman J-E, et al. Acute sleep deprivation in healthy young men: impact on population diversity and function of circulating neutrophils. Brain, behavior, and immunity. 2014;41:162-72. doi:10.1016/j.bbi.2014.05.010

24. Kadier K, Dilixiati D, Ainiwaer A, Liu X, Lu J, Liu P, et al. Analysis of the relationship between sleep-related disorder and systemic immune-inflammation index in the US population. BMC psychiatry. 2023;23(1):773. doi:10.1186/s12888-023-05286-7

25. KUNDİ FCS. Association of Systemic Immune-Inflammation Index with the Presence and Severity of Obstructive Sleep Apnea Syndrome. ACH Medical Journal. 2023;2(3):152-7. Doi : 10.5505/achmedj.2023.58066

26. You Y, Chen Y, Fang W, Li X, Wang R, Liu J, Ma X. The association between sedentary behavior, exercise, and sleep disturbance: a mediation analysis of inflammatory biomarkers. Frontiers in immunology. 2023;13:1080782.

doi:10.3389/fimmu.2022.1080782

27. Ruiz FS, Andersen ML, Martins RC, Zager A, Lopes JD, Tufik S. Immune alterations after selective rapid eye movement or total sleep deprivation in healthy male volunteers. Innate immunity. 2012;18(1):44-54. doi: 10.1177/1753425910385962

28. Mejri M, Hammouda O, Chaouachi A, Zouaoui K, Rayana MB, Souissi N. Effects of two types of partial sleep deprivation on hematological responses during intermittent exercise: A pilot study. Science & sports. 2014;29(5):266-74.

29. Moore J, McDonald C, McIntyre A, Carmody K, Donne B. Effects of acute sleep deprivation and caffeine supplementation on anaerobic performance. Sleep Science. 2018;11(01):2-7. DOI: 10.5935/1984-0063.20180002

30. Vardar SA, Öztürk L, Kurt C, Bulut E, Sut N, Vardar E. Sleep deprivation induced anxiety and anaerobic performance. Journal of sports science & medicine. 2007;6(4):532. PMID: 24149488

31. Patrick Y, Lee A, Raha O, Pillai K, Gupta S, Sethi S, et al. Effects of sleep deprivation on cognitive and physical performance in university students. Sleep and biological rhythms. 2017;15:217-25. DOI 10.1007/s41105-017-0099-5

32. Garbarino S, Lanteri P, Bragazzi NL, Magnavita N, Scoditti E. Role of sleep deprivation in immune-related disease risk and outcomes. Communications biology. 2021;4(1):1304 doi:10.1038/s42003-021-02825-4 |

33. Heiser P, Dickhaus B, Schreiber W, Clement H-W, Hasse C, Hennig J, et al. White blood cells and cortisol after sleep deprivation and recovery sleep in humans. European archives of psychiatry and clinical neuroscience. 2000;250:16-23. doi:10.1007/pl00007534

34. Büttner P, Mosig S, Lechtermann A, Funke H, Mooren FC. Exercise affects the gene expression profiles of human white blood cells. Journal of applied physiology. 2007;102(1):26-36. doi:10.1152/japplphysiol.00066.2006

35. Lima-Silva AE, Cristina-Souza G, Silva-Cavalcante MD, Bertuzzi R, Bishop DJ. Caffeine during high-intensity whole-body exercise: an integrative approach beyond the central nervous system. Nutrients. 2021;13(8):2503. doi: 10.3390/nu13082503

36. Olas B, Bryś M. Effects of coffee, energy drinks and their components on hemostasis: The hypothetical mechanisms of their action. Food and chemical toxicology. 2019;127:31-41. doi:10.1016/j.fct.2019.02.039

37. Mahdavi R, Daneghian S, Homayouni A, Jafari A. Effects of caffeine supplementation on oxidative stress, exercise-induced muscle damage and leukocytosis. Pharmaceutical sciences. 2019;18(3):177-82. doi:10.52547/JCT.2.4.377[In Persian]

38. Ditmer M, Gabryelska A, Turkiewicz S, Białasiewicz P, Małecka-Wojciesko E, Sochal M. Sleep problems in chronic inflammatory diseases: prevalence, treatment, and new perspectives: a narrative review. Journal of Clinical Medicine. 2021;11(1):67. doi:10.3390/jcm11010067

39. Ranjbaran Z, Keefer L, Stepanski E, Farhadi A, Keshavarzian A. The relevance of sleep abnormalities to chronic inflammatory

effects of caffeine and adenosine on fatigue. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 2003. doi:10.1152/ajpregu.00386.2002

conditions. Inflammation Research. 2007;56:51-7. doi:10.1007/s00011-006-6067-1

40. Davis JM, Zhao Z, Stock HS, Mehl KA, Buggy J, Hand GA. Central nervous system