پژوهش‌نامهٔ فیزیولوژی ورزشی کاربردی **مقاله پژوهشی**
سال نوزدهم/ شماره سی و هشت/پاییز و زمستان ۱۴۰۲

دریافت: ۱۴۰۳/۲/۲۲ پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۲ ص ص: ۵۴-۴۱

اثر مکمل‌یاری کوتاه‌مدت کافئین بر توان هوازی و بی‌هوازی، لاکتات و شاخص خستگی زنان ورزشکار در دوره قاعدگی

الهه کریمی[۱]، جواد مهربانی[۲]، پیام سعیدی[۳]، مجتبی محمدی[۴]

چکیده

اهداف: کافئین به‌عنوان یک مکمل، اثرات ارگوژنیک فراوانی بر عملکرد ورزشی دارد، اما ارزیابی این آثار در دوره قاعدگی، بسیار اندک است. هدف مطالعه حاضر ارزیابی اثر مکمل‌یاری کوتاه‌مدت کافئین بر توان هوازی و بی‌هوازی، لاکتات خون و شاخص خستگی در دوره قاعدگی زنان ورزشکار است.

روش مطالعه: تعداد ۳۲ زن ورزشکار (سن ۱/۶±۲۱/۸۶ سال)، (قد ۰/۰۶±۱/۶۴ متر) و (وزن ۵/۸۸±۶۱/۹۱ کیلوگرم) در یک طرح تصادفی و دوسوکور در دو گروه مکمل‌یاری (۱۶ نفر) و دارونما (۱۶ نفر) قرار گرفتند. روز دوم قاعدگی فعالیت ۳۰ ثانیه‌ای وینگیت به‌منظور سنجش توان بی‌هوازی، لاکتات (۲، ۷ و ۱۵ دقیقه بعد) و شاخص خستگی و فعالیت چرخ کارسنج آستراند برای توان هوازی اجرا شد. از روز سوم قاعدگی تا روز ششم روزانه ۲ کپسول حاوی ۴ میلی‌گرم/کیلوگرم وزن بدن کافئین یا دارونما مصرف و روز ششم، یک ساعت پس از مصرف آخرین کپسول، اندازه‌گیری‌ها تکرار شد.

یافته‌ها: آزمون تحلیل واریانس افزایش معنی‌داری در حداکثر، میانگین و حداقل توان بی‌هوازی و ضربان قلب و کاهش درک فشار بعد از پروتکل وینگیت پس از مصرف کوتاه‌مدت کافئین در دوره قاعدگی نشان داد ($p<۰/۰۵$). مصرف کافئین موجب کاهش لاکتات در دقایق ۷ ($p=۰/۰۰۲$) و ۱۵ ($p=۰/۰۰۰۱$) در مقایسه با گروه دارونما شد.

نتیجه گیری: یافته‌ها نشان داد دوز متوسط مصرف کافئین باعث بهبود عملکرد بی‌هوازی و درک فشار و کاهش سریع‌تر لاکتات می‌شود، اما تاثیری بر توان هوازی و شاخص‌های خستگی در دوره قاعدگی ندارد. می‌توان پیشنهاد کرد این ورزشکاران برای بهبود عملکرد بی‌هوازی می‌توانند به‌طور کوتاه‌مدت از کافئین استفاده کنند.

واژه‌های کلیدی: چرخه قاعدگی، مکمل، خستگی، وینگیت، آستراند

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
[۲] دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. نویسنده مسئول: mehrabanij@guilan.ac.ir
[۳] استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
[۴] دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

مقدمه

ورزشکاران به‌منظور بهبود عملکرد ورزشی خود، از ترکیبات و موادی گوناگونی مانند ویتامین‌ها، مکمل‌های پروتئینی و کربوهیدراتی، بی‌کربنات سدیم، فسفات، اسپارتات و کافئین به عنوان کمک نیروزا استفاده می‌کنند. در سال‌های اخیر یکی از کمک نیروزاهایی که توجه بسیاری از ورزشکاران و مربیان را به خود جلب کرده، کافئین است (Hoffman et al., 2007). این مکمل بر بافت‌های مختلف مانند سیستم عصبی، متابولیکی، هورمونی، عضلانی، قلبی–عروقی، ریوی و عملکرد کلیه طی استراحت و فعالیت تاثیر می‌گذارد (McArdle, Katch, & Katch, 2010). مهمترین اثرات کافئین مربوط به دستگاه عصبی مرکزی است. بررسی‌های جدید عنوان می‌کند که مهمترین مکانیزم مسئول اثرات فیزیولوژیک این ماده، مهار گیرنده‌های آدنوزین سیستم عصبی مرکزی است (Woolf, Bidwell, & Carlson, 2009). کافئین، فسفودی‌استراز را مهار می‌کند، با مهار فسفودی‌استراز، cAMP افزایش می‌یابد، در نتیجه فرآیند لیپولیز و گلیکوژنولیز تحریک می‌شود. علاوه بر این، گزانتین ترشح شده و رهایش کاتکولامین‌ها را افزایش می‌دهد و به این ترتیب نفوذپذیری یون کلسیم در بافت عضلانی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. هر دوی این تغییرات انقباض پذیری عضله را تحریک می‌کنند (Greer, McLean, & Graham, 1998). مکانیزم عمل این مکمل شامل جلوگیری از هیدرولیز چرخه ۳ و ۵– آدنوزین منوفسفات و ۳ و ۵ – گوانوزین منوفسفات و مهار آدنوزین این امکان را ایجاد می‌کند که کافئین باعث تغیر پروفایل‌های هورمونی شود و در نتیجه قاعدگی را تحت تاثیر قرار دهد (Fenster et al., 1999). قاعدگی، خونریزی دوره‌ای رحم است که نمایانگر ریزش دوره‌ای آندومتر مترشحه رحم به علت کاهش تولید استروژن و پروژسترون ناشی از اضمحلال جسم زرد می‌باشد. طول مدت سیکل قاعدگی و مدت و مقدار خونریزی به طور قابل ملاحظه‌ای در زنان طبیعی متفاوت است. خونریزی قاعدگی به طور متوسط در ۱۳ سالگی شروع شده، در سالهای باروری ادامه یافته و در دوران یائسگی قطع می‌شود (Aziz et al., 2022). طول مدت خونریزی قاعدگی طبیعی در حدود ۵ روز است (Bale, Doust, & Dawson, 1996) و مقدار خونریزی به‌طور قابل ملاحظه‌ای در زنان متفاوت است. قاعدگی به دلیل تغییرات دوره‌ای هورمونی در زنان تحت کنترل محور هیپوتالاموس-هیپوفیز–تخمدان است و عوامل زیستی، روانی و اجتماعی می‌تواند بر الگوی خونریزی قاعدگی تاثیر گذار باشد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تمرین و ورزش به خودی خود منجر به اختلال قاعدگی نمی‌شوند، بلکه علت اصلی این اختلال کمبود انرژی است. این تئوری کمبود انرژی یا تحلیل انرژی، مبتنی بر این است که ناکامی در تأمین کالری مورد نیاز برای مقابله با نیاز انرژی و تأمین کربوهیدرات های مورد نیاز مغز موجب تغییر در عملکرد مغزی می‌شود و از طریق مکانیزمی که تاکنون مشخص نشده در گنادوتروپین اختلال ایجاد می‌کند (Lara, Gutiérrez Hellín, Ruíz-Moreno, Romero-Moraleda, & Del Coso, 2020; Mohammadi, Azamian Jazi, & Fathollahi Shourabeh, 2012). در مطالعات مربوط به مصرف کافئین و عملکرد قاعدگی مشخص شد، زنانی که کافئین مصرف کردند، احتمالاً به میزان کمتری دوره قاعدگی طولانی را تجربه کردند. این یک یافته بیولوژیکی قابل اعتنا است، به دلیل اینکه کافئین به عنوان یک تنگ کننده عروق شناخته شده است (Fisone, Borgkvist, & Usiello, 2004). انقباض یا تنگی عروق خونی رحمی می‌تواند باعث کاهش جاری شدن خون رحمی شود که این به نوبه خود می‌تواند خونریزی قاعدگی و مدت زمان قاعدگی را کاهش دهد (Purdue-Smithe et al., 2022). یکی از دلایل این حالت، وضعیت آهن موجود در خون است که بر مقاومت عروق رحمی موثر است و بر میزان خونریزی نقش دارد (Peinado et al., 2021). تحقیقات در حیوانات باردار و انسانها نشان می‌دهد، کافئین مقاومت عروقی

رحم را افزایش و جاری شدن خون رحمی را کاهش می‌دهد (Miller, Watson, Hackney, & Seeds, 1994). نشان داده شده افرادی که کافئین زیادی مصرف کردند، نسبت به کسانی که مصرف نکردند در حدود دو برابر قاعدگی کوتاه‌تری داشتند. مکانیزمی که کافئین از طریق آن مدت زمان قاعدگی را تغییر می‌دهد به روشنی مشخص نیست، اما بروز این حالت می‌تواند از طریق اثرگذاری کافئین بر هورمون‌های جنسی یا گیرنده‌های هورمونی باشد. گزارش شده اجزای قهوه به طور ضعیفی استروژنیک هستند و در مطالعات آزمایشگاهی نشان داده شده برخلاف اثر هورمون لوتئینی و هورمون تحریک کننده فولیکول، کافئین مانع از عمل آدنوزین شده که می‌تواند بر طول دوره قاعدگی اثرگذار باشد (Purdue-Smithe et al., 2022). به نظر می‌رسد این مکانیزم و تغییرات، دلیل اصلی تاثیر قاعدگی بر عملکرد ورزشی در طی این دوره است که بسیاری از قهرمانان ورزشی را مجبور به استفاده از قرص‌های ضد بارداری برای تغییر در زمان قاعدگی بر اساس دستیابی به اوج اجرا می‌کند. بر این اساس به نظر می‌رسد این شرایط منجر به اختلال در عملکردهای هوازی و بی‌هوازی ورزشی شود که پیامدهای آن تحلیل انرژی، بروز خستگی زودتر از موعد، افت عملکرد قدرتی و توانی، تغییر مسیر انرژی به سمت بی‌هوازی، بروز حالت اسیدوز سریع‌تر و تجمع زودتر و بیشتر اسیدلاکتیک در فعالیت‌های بی‌هوازی شود (Beck et al., 2006). حتی گزارش شده کافئین می‌تواند کاهش قدرت ناشی از قاعدگی را در مرحله فولیکولار جبران کند (Santana et al., 2022). این در حالی است که هیچ تغییری در فاکتورهای تعیین کننده حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max}) از قبیل پاسخ لاکتات، وزن بدن، حجم پلاسما، غلظت هموگلوبین، ضربان قلب و تهویه در فازهای مختلف قاعدگی گزارش نشده است. سهم بالقوه کافئین در تغییر عملکرد قاعدگی به ندرت بررسی شده است و لازم به تحقیقات بیشتری دارد. هرچند در تحقیقی که توسط کوپر و همکاران روی زنان جوان انجام دادند گزارش کردند، بین مصرف کافئین و مدت چرخه، تغییرپذیری و مدت قاعدگی زنان رابطه قابل قبولی مشاهده نشد. این در حالی است که مورالدا و همکاران (۲۰۱۹) تاثیر مصرف دوز کم (۳ میلی‌گرم/کیلوگرم) را در دوره فولیکولار بررسی کردند و نشان دادند سرعت متوسط اجرای آزمون یک تکرار بیشینه افزایش می یابد (Romero-Moraleda, Del Coso, Gutiérrez-Hellín, & Lara, 2019). به دلیل ناهمسو بودن نتایج تحقیقات و بعضاً عدم وجود رابطه علمی بین اثر کافئین بر عوامل فیزیولوژیک و همچنین با توجه به این نظریه که ورزشکاران در اثر مصرف کافئین اثرات نیروزایی بیشتری نسبت به غیر ورزشکاران دریافت می‌کنند، هدف پژوهش حاضر بررسی اثر مصرف کوتاه مدت کافئین (۴ میلی‌گرم/کیلوگرم) بر شاخص خستگی، توان بیهوازی و هوازی در دوره قاعدگی زنان ورزشکار است. بر اساس فرضیات، پیش‌بینی می‌شود که مکمل‌یاری کوتاه‌مدت کافئین در دوره قاعدگی زنان ورزشکار بتواند منجر به بهبود عملکرد بی‌هوازی و هوازی و کاهش سطح لاکتات خون شود و درک فشار و شاخص خستگی را بهبود بخشد.

روش‌شناسی تحقیق

در این مطالعه تجربی، دو سو کور بر اساس نرم افزار جی پاور با اندازه اثر ۰/۲۳، توان آزمون ۰/۸۰ و آلفای ۰/۵۰، تعداد نمونه توصیه شده توسط نرم افزار ۲۸ نفر بود که با در نظر گرفتن ۱۴٪ احتمال ریزش تعداد نمونه‌ها در طی تحقیق، تعداد ۳۲ نفر بصورت تصادفی انتخاب شدند تا در این پژوهش شرکت کنند (Lara et al., 2020). آزمودنی‌ها یک هفته قبل از اجرای پروتکل‌ها، در جلسه آشنایی شرکت کرده و پرسشنامه‌های سلامت جسمانی، سابقه پزشکی–ورزشی، پرسشنامه وضعیت خونریزی و فرم رضایت‌نامه شرکت در برنامه را تکمیل کردند. قد و وزن افراد با استادیومتر مدل سکا ساخت آلمان، توده چربی و بدون چربی با کالیپر مدل لافایت ساخت آمریکا و نسبت

دور کمر به لگن با متر نواری اندازه‌گیری شد. سپس، آزمودنی‌ها به طور تصادفی از طریق وبسایت Random am Generator به ۲ گروه ۱۶ نفری (کافئین و دارونما) تقسیم شدند. در جلسه دوم روش کار به این‌صورت بود که از آزمودنی‌ها درخواست شد ۴۸ ساعت قبل از اجرای پروتکل از مصرف الکل یا هرگونه فعالیت شدید هوازی و بی‌هوازی خودداری کنند. همچنین از روز اول قاعدگی تا پایان پروتکل‌ها در روز ششم قاعدگی از مصرف مواد و داروهای دارای نیکوتین و کافئین مانند سیگار، چای، آدامس، شکلات و بستنی‌های حاوی کافئین و قهوه منع شدند. سپس آزمودنی‌ها در دو جلسه مجزا به منظور اجرای پروتکل به آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی مراجعه کردند. یک نوبت در روز دوم قاعدگی و نوبت دوم در روز ششم قاعدگی ارزیابی صورت گرفت. در ابتدا که آزمودنی‌ها در آزمایشگاه حاضر شدند (روز دوم قاعدگی) ۱۵ دقیقه در وضعیت استراحت (درازکش) قرار گرفتند سپس، سطح پایه‌ی لاکتات خون، ضربان قلب و فشار خون سیستولی و دیاستولی با ضربان‌سنج مدل اُمرون ساخت ژاپن اندازه‌گیری شد و پس از آن به گرم کردن پرداختند. ۵ دقیقه پس از گرم کردن، پروتکل ۳۰ ثانیه‌ای وینگیت را به‌منظور اندازه‌گیری توان بی‌هوازی روی چرخ کارسنج مونارک ساخت کشور سوئد اجرا کردند، آزمون وینگیت به این صورت است که مقاومتی معادل ۷.۵ درصد وزن بدن فرد تعیین می‌شود. ابتدا ورزشکار باید بر اینرسی اولیه و مقاومت اصطکاکی بدون بار غلبه کند تا مقاومت اصلی اعمال شود سپس، فرد باید به مدت ۳۰ ثانیه با این مقاومت رکاب بزند (Maud & Shultz, 1989). پس از آن، ضربان قلب، سطح لاکتات خون در سه مرحله در دقایق ۲، ۷ و ۱۵ با لاکتومتر و از انگشت اشاره و فشار خون سیستولی و دیاستولی اندازه‌گیری شد. پس از ۲۰ دقیقه استراحت به‌منظور سنجش عملکرد هوازی آزمودنی، پروتکل چرخ کارسنج آستراند اجرا شد که فرد با شدت مشخصی که به نسبت ظرفیت او تنظیم شده، شروع به رکاب زدن می‌کند. این شدت معمولاً بین ۵۰ تا ۱۵۰ وات برای زنان است. هدف این است که ضربان قلب در طول تست به یک سطح پایدار برسد. معمولاً این تست برای ۶ دقیقه ادامه دارد و در این مدت ضربان قلب باید بین ۱۲۵ تا ۱۷۰ ضربه در دقیقه باشد. ضربان قلب در آخرین دقیقه تست اندازه‌گیری می‌شود (Åstrand & Ryhming, 1954). پس از اجرا، ضربان قلب و درک فشار فعالیت سنجیده شد. ارزیابی درک فشار فعالیت، با استفاده از مقیاس رتبه‌ای بورگ (۲۰-۶) سنجیده شد. سپس از روز سوم تا ششم قاعدگی روزانه ۴ میلی‌گرم/کیلوگرم وزن بدن (دو نوبت ۲ میلی‌گرمی) کافئین (Enercaff 200 ساخت شرکت الحاوی ایران) یا دارونما (دکستروز) بصورت کپسول خوراکی به آزمودنی‌ها داده شد (Norum et al., 2020). روز ششم قاعدگی، مرحله دوم ارزیابی عملکرد بی‌هوازی و هوازی آزمودنی‌ها همانند مرحله اول صورت گرفت و آخرین وعده مکمل کافئین ۵۰ دقیقه قبل از این ارزیابی به آزمودنی‌ها داده شد (شکل ۱).

شکل ۱: طرح شماتیک اجرای پژوهش

به منظور بررسی طبیعی‌بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو–ویلک استفاده شد. برای آزمون فرضیه‌ها، آزمون‌های آماری تحلیل واریانس مختلط (۲×۲)، یومان ویتنی و ویلکاکسون مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ در سطح معناداری $p<۰/۰۵$ انجام شد.

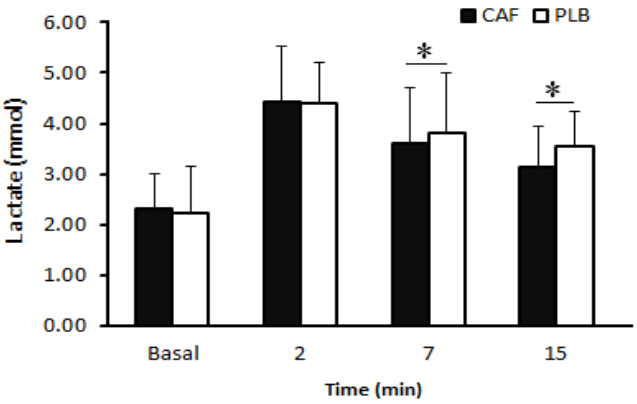
نتایج

در جدول ۱ اطلاعات فردی آزمودنی‌ها ارائه شده است.

جدول ۱. اطلاعات فردی آزمودنی‌ها (انحراف استاندارد ± میانگین)

	کافئین (۱۳ نفر)	دارونما (۱۳ نفر)
سن (سال)	۲۲/۰۰ ± ۱/۷۳	۲۱/۷۳ ± ۱/۴۸
قد (متر)	۱/۶۵ ± ۰/۰۵	۱/۶۶ ± ۰/۰۷
توده بدن (کیلوگرم)	۶۰/۵۴ ± ۷/۶۳	۶۱/۵۸ ± ۴/۱۳
نمایه توده بدن (کیلوگرم/مجذور قد)	۲۲/۴۹ ± ۱/۷۴	۲۳/۱۸ ± ۲/۸۸
نسبت دور کمر به لگن	۰/۷۴ ± ۰/۰۴	۰/۷۵ ± ۰/۰۴
درصد چربی (درصد)	۲۴/۵۵ ± ۲/۴۱	۲۵/۰۷ ± ۵/۴۶
توده بدون چربی (کیلوگرم)	۴۳/۶۵ ± ۴/۵۵	۴۲/۹۱ ± ۶/۱۵

نتایج نشان داد سطح لاکتات خون پس از فعالیت بی‌هوازی وینگیت، در گروه کافئین در دقایق ۷ ($p=۰/۰۰۲$) و ۱۵ ($p=۰/۰۰۰۱$) (اثر تعاملی زمان × مکمل) پس از پروتکل وینگیت به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه دارونما کاهش یافته بود (شکل ۲).



شکل ۲. لاکتات خون در زمان‌های قبل، ۲، ۷ و ۱۵ دقیقه پس از پروتکل وینگیت و مصرف کافئین؛ *تغییر معنی‌دار درون‌گروهی

نتایج آزمون ANOVA مختلط نشان داد مصرف کوتاه‌مدت کافئین در دوره قاعدگی در دختران جوان ورزشکار موجب تغییر معنی‌دار (اثر زمان) توان هوازی، توان هوازی نسبی، حداکثر، میانگین و حداقل توان بی‌هوازی مطلق

و نسبی، شاخص خستگی و درک سختی فعالیت پس از پروتکل بی‌هوازی وینگیت شده است (p<۰/۰۵). همچنین، کاهش معنی‌داری در توان هوازی گروه دارونما مشاهده شد (p<۰/۰۵). در مقایسه بین گروه‌ها (اثر تعاملی زمان × مکمل)، تفاوت معنی‌داری در میانگین حداکثر، میانگین و حداقل توان بی‌هوازی مطلق و نسبی، توان درحداکثر سرعت بی‌هوازی و درک سختی فعالیت بین گروه کافئین و دارونما مشاهده شد (p<۰/۰۵).

جدول ۲. شاخص عملکرد ورزشی پس از آزمون بی‌هوازی و هوازی (انحراف استاندارد ± میانگین)

متغیر	زمان	کافئین (۱۳ نفر)	دارونما (۱۳ نفر)
توان هوازی	پیش آزمون	۲/۲۴ ± ۰/۲۹	۲/۱۲ ± ۰/۱۳
(لیتر/دقیقه)	پس آزمون	*۱/۹۰ ± ۰/۲۹	*۱/۸۴ ± ۰/۲۰
توان هوازی	پیش آزمون	۳۵/۱۹ ± ۱/۵۲	۳۲/۲۰ ± ۱/۹۱
(میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه)	پس آزمون	*۳۳/۶۸ ± ۱/۸۳	۳۱/۹۳ ± ۱/۸۱
حداکثر توان بی‌هوازی	پیش آزمون	۴۷۵/۳۹ ± ۹۹/۹۴	۴۷۹/۳۹ ± ۱۴۵/۹۱
(وات)	پس آزمون	†*۵۳۲/۵۶ ± ۷۴/۱۷	۴۶۳/۱۳ ± ۱۲۰/۶۱
حداکثر توان بی‌هوازی نسبی	پیش آزمون	۸/۷۸ ± ۱/۰۳	۷/۳۴ ± ۰/۹۵
(وات/کیلوگرم)	پس آزمون	†*۷/۸۲ ± ۱/۵۴	۷/۵۵ ± ۱/۲۸
میانگین توان بی‌هوازی	پیش آزمون	۳۷۳/۵۱ ± ۴۱/۴۹	۳۶۰/۳۱ ± ۷۳/۷۶
(وات)	پس آزمون	†*۳۹۶/۷۷ ± ۴۲/۲۷	۳۴۸/۳۲ ± ۸۹/۶۷
میانگین نسبی توان بی‌هوازی	پیش آزمون	۶/۰۷ ± ۰/۴۵	۵/۶۵ ± ۰/۵۱
(وات/کیلوگرم)	پس آزمون	†*۶/۶۱ ± ۰/۵۱	۵/۵۲ ± ۰/۸۲
حداقل توان بی‌هوازی	پیش آزمون	۱۷۷/۹۰ ± ۷۸/۹۵	۲۱۰/۱۷ ± ۶۲/۳۳
(وات)	پس آزمون	†*۲۵۷/۵۵ ± ۳۰/۸۲	۲۰۷/۱۳ ± ۷۷/۰۴
حداقل توان بی‌هوازی نسبی	پیش آزمون	۲/۹۶ ± ۱/۳۵	۳/۲۶ ± ۰/۶۰
(وات/کیلوگرم)	پس آزمون	†*۴/۱۸ ± ۰/۰۹	۳/۲۷ ± ۱/۰۸
حداکثر سرعت بی‌هوازی	پیش آزمون	۱۰۲/۶۸ ± ۲۱/۹۵	۱۰۲/۳۴ ± ۱۴/۷۱
(دور در دقیقه)	پس آزمون	۱۱۱/۰۶ ± ۱۰/۴۵	۱۰۱/۵۲ ± ۱۲/۵۴
توان در حداکثر سرعت بی‌هوازی	پیش آزمون	۳۳۰/۹۹ ± ۲۲۴/۴۹	۲۳۶/۱۰ ± ۱۹۰/۲۲
(وات)	پس آزمون	†۴۵۴/۸۸ ± ۱۵۱/۷۴	۳۷۴/۵۳ ± ۲۷۲/۸۳
شاخص خستگی بی‌هوازی	پیش آزمون	۶۱/۶۸ ± ۱۶/۱۹	۵۶/۹۸ ± ۹/۳۲
	پس آزمون	*۵۱/۱۸ ± ۶/۲۰	۵۴/۰۶ ± ۱۱/۵۲
درک سختی فعالیت ورزشی	پیش آزمون	۱۸/۴۵ ± ۱/۲۱	۱۹/۰۰ ± ۰/۹۹
(مقیاس بورگ)	پس آزمون	†*۱۷/۰۹ ± ۱/۳۰	۱۷/۸۳ ± ۱/۲۷

* تغییر معنی‌دار درون‌گروهی؛ † تفاوت معنی‌دار بین دو گروه

نتایج آزمون ANOVA مختلط نشان داد مصرف کوتاه‌مدت کافئین در دوره قاعدگی در دختران جوان ورزشکار موجب تغییر معنی‌دار (اثر زمان) ضربان قلب استراحتی و فشارخون دیاستولی پس از پروتکل وینگیت شده است ($p<۰/۰۵$).

همچنین، در مقایسه بین گروه‌ها (اثر تعاملی زمان × مکمل)، تفاوت معنی‌داری در میانگین ضربان قلب استراحتی و فشارخون دیاستولی پس از پروتکل وینگیت بین گروه کافئین و دارونما مشاهده شد ($p<۰/۰۵$).

جدول ۳. متغیرهای همودینامیک پس از فعالیت بی‌هوازی وینگیت (انحراف استاندارد±میانگین)

متغیر	کافئین (۱۳ نفر)		دارونما (۱۳ نفر)	
	پیش از مصرف	پس از مصرف	پیش از مصرف	پس از مصرف
ضربان قلب استراحتی (ضربه/دقیقه)	۶۹/۰۹±۲/۱۱	†*۷۴/۴۵±۲/۳۳	۶۹/۶۴±۱/۸۵	۶۹/۸۲±۲/۳۵
ضربان قلب پس از پروتکل وینگیت (ضربه/دقیقه)	۱۷۰/۱۸±۷/۲۹	۱۷۷/۴۵±۵/۰۱	۱۷۰/۸۲±۴/۷۷	۱۷۱/۸۲±۴/۸۱
فشارخون سیستولی استراحتی (میلی‌متر جیوه)	۱۰/۱۸±۰/۶	۱۰/۶۳±۰/۵۰	۱۰/۳۶±۱/۰۲	۱۰/۳۶±۱/۱۲
فشارخون سیستولی پس از پروتکل وینگیت (میلی‌متر جیوه)	۱۳/۹۰±۱/۱۳	۱۴/۴۵±۰/۵۲	۱۴/۰۹±۰/۹۴	۱۴/۳۶±۰/۸
فشارخون دیاستولی استراحتی (میلی‌متر جیوه)	۷/۱۳±۰/۶۷	۷/۶۸±۰/۴۴	۷/۰۲±۰/۴۶	۷/۹۱±۰/۸۳
فشارخون دیاستولی پس از پروتکل وینگیت (میلی‌متر جیوه)	۸/۰۹±۰/۷۱	†*۸/۳۶±۰/۵	۷/۹۳±۰/۶۴	۸/۱۲±۰/۴۴

* تغییر معنی‌دار درون‌گروهی؛ † تفاوت معنی‌دار بین دو گروه

بحث و بررسی:

هدف پژوهش حاضر بررسی اثر مکمل‌یاری کوتاه‌مدت کافئین بر توان هوازی و بی‌هوازی، لاکتات و شاخص خستگی در دوره قاعدگی در دختران ورزشکار بود. نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که که مصرف کوتاه‌مدت کافئین در دوره قاعدگی دختران ورزشکار می‌تواند منجر به بهبود حداکثر، میانگین و حداقل توان بی‌هوازی، سطح لاکتات خون و همچنین بهبود درک فشار شود. این در حالی است که این مکمل باعث تغییر معنی‌داری در توان هوازی و فشار خون (سیستول و دیاستول) استراحتی و همچنین فشار خون پس از فعالیت نشد. همچنین باعث افزایش معنی‌داری در ضربان قلب پس از تمرین شد که این موضوع بر توان هوازی اثر منفی گذاشت.

یافته‌ها نشان داد مصرف کوتاه‌مدت کافئین با دوز متوسط باعث افزایش معنی‌داری در حداکثر، میانگین و حداقل توان بی‌هوازی در دوره قاعدگی در دختران ورزشکار شد، اما این تغییر در گروه کنترل معنی‌دار نبود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت مصرف کوتاه‌مدت این مکمل بر توان بی‌هوازی اثر معنی‌داری داشته است. به علت محدود بودن زمان

در فعالیت‌های بی‌هوازی اثر کافئین بر حفظ گلیکوژن عضلانی، نمی‌تواند عامل اصلی نیروافزایی این مکمل در این دسته از فعالیت‌ها باشد، بنابراین به نظر می‌رسد کافئین ممکن است با نفوذ بر فرایندهایی که موجب تحریک سیستم عصبی حرکتی می‌شود، عملکرد را افزایش دهد. احتمالا مکانیسمی که توسط آن، کافئین می‌تواند عملکرد بی‌هوازی را بهبود بخشد، شامل افزایش رهایش کلسیم از شبکه سارکوپلاسمی است که ممکن است منجر به افزایش در تنش کزازی شود و همچنین این ماده ممکن است تغییراتی را در انتقال سیستم عصبی – عضلانی موجب شود (Grgic, 2018). سازوکار احتمالی دیگر، اثر مستقیم کافئین یا یکی از متابولیت‌های آن بر عضله اسکلتی است. همچنین نشان داده شده پاراگزانتین که یکی از متابولیت‌های کافئین می‌باشد، باعث افزایش فعالیت ATPase Na-K می‌شود که این مسئله خود باعث بهبود در توان بی‌هوازی است. به نظر می‌رسد کافئین باعث افزایش فعالیت پمپ سدیم – پتاسیم می‌شود و از این طریق پتانسیل غشایی عضله را بهتر حفظ می‌کند احتمالا این ماده بر مسیرهای عصبی – عضلانی اثر دارد و فراخوانی تارهای عضله را تسهیل کرده و یا تعداد تارهای به کار گرفته شده را افزایش می‌دهد. همچنین، کافئین احتمالا آثار مستقیمی بر جابه‌جایی یون‌های عضله داشته، تولید انرژی بی‌هوازی را تقویت کرده یا بر مغز اثر کرده و احساس درک فشار را کاهش می‌دهد (Volk & Creighton, 2013). افزایش نفوذ کلسیم از فضای بیرون سلولی، افزایش رهایش آن از شبکه سارکوپلاسمی و افزایش حساسیت میوفیبریل‌ها به کلسیم است که باعث افزایش برانگیختگی تارها می‌شوند (Rüegg, 2012). نتایج این پژوهش با یافته‌های سالینرو و همکاران (۲۰۱۷) مشابه است(Puente et al., 2017). همچنین گرگیس (۲۰۱۸) از پروتکل ۳۰ ثانیه‌ای وینگیت، برای سنجش توان بی‌هوازی شرکت کنندگان استفاده کرد و گزارش کرد که مصرف کافئین می‌تواند حداکثر توان بی‌هوازی و میانگین توان بی‌هوازی را به ترتیب ۴ و ۳ درصد افزایش دهد (Grgic, 2018). از طرفی، نشان داده شده غلظت سرمی هورمون لوتئینی (LH)، هورمون تحریک کننده فولیکول (FSH)، استرادیول (E2) و پروژسترون (Prog) در دوره قاعدگی در نوسان بوده و سطح آندرستندیون و تستسترون قبل یا در زمان تخمک‌گذاری به اوج خود می‌رسد. این نوسانات هورمونی در دوران قاعدگی ممکن است بر عملکرد ورزشی در فاز مربوطه و توانایی‌های عضلانی در دوره‌ای که هورمون‌ها باعث افزایش مایعات در توده عضلانی می‌شود، اثرگذار باشد (Sung et al., 2014). سرور و همکاران (۱۹۹۶)، دریافتند که زنان با چرخه قاعدگی منظم، در میانه چرخه (روزهای ۱۲–۱۸)، از قدرت وتوان بیشتری برخوردار بودند (Sarwar, Niclos, & Rutherford, 1996). همچنین فیلیپس و همکاران (۱۹۹۶)، افزایش قدرت عضلات نزدیک‌کننده در فاز فولیکولار و به دنبال آن کاهش سریع قدرت را در زمان نزدیک به تخمک‌گذاری، گزارش کردند. این دو مطالعه پیشنهاد می‌کنند که استروژن ممکن است اثر افزایش و قدرت در عضلات اسکلتی را به همراه داشته باشد (Phillips, Sanderson, Birch, Bruce, & Woledge, 1996). از طرفی بامبائیچی و همکاران (۲۰۰۴)، اوج قدرت ایزومتریک را در طی مرحله تخمک‌گذاری گزارش کردند(Bambaeichi, Reilly, Cable, & Giacomoni, 2004). به طور کلی می‌توان گفت، نوسانات هورمونی در طی دوره قاعدگی، باعث تغییر در قدرت عضلات خواهد شد، که می‌تواند تحت تاثیر مصرف کافئین، آثار متفاوتی را به دنبال داشته باشد(Rogers, Edwards, Green, & Jas, 1992).

یافته‌ها در این پژوهش نشان داد که مصرف کوتاه‌مدت کافئین با دوز متوسط، باعث تاثیر معنی‌داری در درک فشار و ضربان قلب و همچنین تفاوت معنی‌دار درون گروهی در گروه مکمل بر شاخص‌های خستگی شد، مشخص شده

است که کافئین درک سختی کار را در سرعت مشخصی از فعالیت کاهش می‌دهد و موجب می‌شود که شخص با سرعت بالاتر ولی با همان درک سختی، کار کند (Santana et al., 2022). این ماده بر دستگاه عصبی مرکزی اثر تحریکی داشته که درک فشار کار و انتقال پیام از مغز به پیوندگاه عصبی – عضلانی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. فعالیت سلولی مسئول این فعالیت دستگاه عصبی مرکزی نامشخص است، اما می‌تواند به رهایش کاتکولامین و به احتمال زیاد رهایش میانجی‌های عصبی (دوپامین و بتااندروفین) مربوط باشد. مکانیسم‌هایی که اثر نیروافزایی کافئین را تبیین می‌کند می‌تواند خاصیت منع‌کنندگی گیرنده‌های آدنوزین، بستن اثر ارتقاء–آرام‌سازی دوپامین و کاهش درک خستگی به وسیله سیستم عصبی مرکزی باشد. عامل دیگر می‌تواند افزایش تحریک و فراخوانی واحدهای حرکتی باشد. کافئین یک آنتاگونیست آدنوزین است و عمل اصلی این حالت ممکن است در سیستم عصبی مرکزی باشد. علاوه بر این موجب ترشح پیشرونده اندروفین طی ورزش می‌شود که با کاهش درک درد همراه است، آزادسازی کاتکولامین‌ها مانند آدرنالین و همچنین بلاک کردن گیرنده‌های آدنوزین توسط کافئین، باعث می‌شود که، فعالیت سیستم عصبی افزایش و منجر به افزایش ضربان قلب شود (Goldstein, Jacobs, Whitehurst, Penhollow, & Antonio, 2010). این احتمال نیز وجود دارد که این ماده بر پردازش تحریکاتی که از محیط به سیستم عصبی مرکزی وارد می‌شوند، تاثیرگذار باشد، مانند کاهش آگاهی از احساسات مربوط به خستگی عضله. حداقل قسمتی از این آثار موضعی را می‌توان با افزایش غلظت کلسیم در سلول‌های عضلانی یا کاهش از دست دادن پتاسیم از سلول‌ها به هنگام فرایند انقباضات مکرر توجیه کرد. همچنین ورزشکار بودن آزمودنی‌های پژوهش حاضر، احتمالا در کسب این بهبودی اثرگذار بوده است زیرا ورزشکاران به دلیل داشتن توده عضلانی بیشتر و از طرفی تاثیر مستقیم کافئین بر فیبرهای عضلانی و نیز برخورداری بیشتر ورزشکاران از اثرات مرکزی این مکمل در کاهش درک فشار و خستگی به علت آمادگی روانی بالاتر آنها نسبت به غیر ورزشکاران، جهت اثر نیروافزایی کافئین، مستعدتر بوده و اثرات ارگوژنیک این ماده در افراد تمرین کرده به نسبت افراد غیر فعال، بیشتر دیده شده است. دانکن و همکاران (۲۰۰۹) و پریرا و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند مصرف کافئین موجب تاخیر در شروع خستگی و کاهش درک فشار از طریق تاثیر بر سیستم عصبی مرکزی می‌شود. آن‌ها نشان دادند این مکمل باعث بهبود ۲۷ درصدی در زمان رسیدن به خستگی از طریق کاهش در شاخص RPE و بهبود در عملکرد موتونرون‌ها با اثر بر دستگاه عصبی مرکزی می‌شود (Duncan, 2009; Pereira et al., 2016). مکانیسم اصلی اثرگذار در بهبود عملکرد ورزشی، کاهش درک فشار و افزایش زمان رسیدن به خستگی، سرکوب گیرنده‌های آدنوزین معرفی شده است. از طرفی در تحقیقات متعدد به خوبی مشخص شده که نوسانات هورمونی (پروژسترون و استروژن) در طول دوره قاعدگی، باعث تغییر در عملکرد ورزشی قدرتی – توانی خواهد شد. این تاثیرات در افزایش قدرت و توان ورزشکاران را به استروژن بالا (فاز فولیکولار نهایی) و در برخی دیگر به پروژسترون (فاز لوتئال) نسبت داده‌اند. از طرفی بیشتر تحقیقات گزارش کرده‌اند که این تغییرات هورمونی در چرخه قاعدگی، بر ضربان قلب ناشی از فعالیت ورزشی اثرگذار نبوده و به عبارتی VO_{2max} بر خلاف قدرت عضلانی و توان بی‌هوازی و پیامدهای آن ازجمله پاسخ لاکتات، تجمع یون هیدروژن و وضعیت اسیدوز بافتی، تحت تاثیر چرخه قاعدگی قرار نمی‌گیرد (Beck et al., 2006). این نکته با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. هرچند به نظر می‌رسد کافئین یک عامل موثر بر این تغییرات باشد. کافئین با اثر ارگوژنیک خود می‌تواند موجب پاکسازی بافت

عضلانی از متابولیت‌های بی‌هوازی به‌ویژه لاکتات شود (Mahdavi, Daneghian, Jafari, & Homayouni, 2015).

علاوه بر این، با توجه به تاثیر مستقیم کافئین بر سیستم عصبی مرکزی و تاثیر سیستم عصبی مرکزی بر عوامل قلبی تنفسی، بررسی اثرات جانبی کافئین بر قلب و عروق و شناسایی اثرات مخرب احتمالی آن در کنار بررسی اثرات این ماده بر عملکردهای ورزشی ضروری به نظر می‌رسد. فشار خون و ضربان قلب از عوامل مهم عملکرد کارآمد سیستم قلبی- عروقی با ارزش پیشگویی برای خطر بیماری‌های قلبی و عروقی هستند (Pilli, Naidu, Pingali, & Takallapally, 2012). مطالعات کمی در خصوص اثر مصرف مکمل کافئین بر سیستم قلبی- عروقی به هنگام فعالیت‌های ورزشی صورت گرفته است. در بعضی مطالعات این ماده همراه با ورزش باعث افزایش فشار خون و در برخی دیگر اثری بر فشار خون طی فعالیت نداشته است. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد مصرف کافئین باعث افزایش ضربان قلب دختران ورزشکار در دوره قاعدگی شد که با نتایج تحقیق بل و همکاران (۲۰۰۲) همسو است. آنها گزارش کردند مصرف ۵ میلی‌گرم/کیلوگرم کافئین باعث افزایش ضربان قلب در طی ورزش می‌شود (Bell & McLellan, 2002). احتمالا مصرف این مکمل باعث مقاومت سیستمیک می‌شود که از این طریق حجم ضربه‌ای کاهش و به دنبال آن ضربان قلب افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر این مکمل احتمالا باعث ایجاد سوق قلبی – عروقی خواهد شد. از طرفی ضربان قلب ممکن است تحت تاثیر این مکمل، از طریق انتشار اپی‌نفرین افزایش یابد (Bell & McLellan, 2002). این در حالی است که در بیشتر مطالعات از مردها به عنوان آزمودنی استفاده شده است زیرا زنان در طول چرخه قاعدگی خود تغییرات هورمونی فراوانی را تجربه می‌کنند و این تغییرات تاثیر زیادی بر عملکرد آنها دارد.

این پژوهش با وجود ارائه نتایج قابل توجه در زمینه تأثیر مصرف کوتاه‌مدت کافئین در دوره قاعدگی دختران ورزشکار، محدودیت‌هایی نیز داشت که عبارتند از: احتمال تشابه شرکت‌کنندگان از نظر سطح تمرینات، رژیم غذایی و سبک زندگی که می‌تواند نتایج را تحت تأثیر قرار دهد و تعمیم‌پذیری به گروه‌های مختلف ورزشکاران با سبک زندگی متفاوت را محدود کند. همچنین، این مطالعه کوتاه‌مدت بوده و اثرات طولانی‌مدت مصرف کافئین در دوره‌های قاعدگی مختلف بررسی نشده است، که باعث می‌شود نتایج پژوهش تنها برای دوره‌های کوتاه‌مدت معتبر باشد. متغیرهایی مانند میزان خواب و سطح استرس به طور دقیق کنترل نشده‌اند که می‌تواند بر نتایج تأثیرگذار باشد. علاوه بر این، پاسخ‌های فردی به کافئین می‌تواند متفاوت باشد و این پژوهش ممکن است تفاوت‌های فردی را به طور کامل مورد بررسی قرار نداده باشد. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده به مطالعه اثرات مصرف کافئین در دوره‌های بلندمدت پرداخته و تغییرات بلندمدت در عملکرد و سلامت ورزشکاران را بررسی کنند. استفاده از گروه‌های مختلف ورزشکاران با سطوح مختلف تمرینات و سبک‌های زندگی متفاوت می‌تواند به تعمیم‌پذیری نتایج کمک کند. همچنین، کنترل دقیق‌تر متغیرهای مربوط به تغذیه، خواب، استرس و سایر مکمل‌های مصرفی ضروری است. مطالعه تفاوت‌های فردی در پاسخ به مصرف کافئین و تعیین ویژگی‌هایی که ممکن است بر نتایج تأثیر بگذارند نیز از اهمیت بالایی برخوردار است.

نتیجه گیری:

به طور خلاصه، نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف کوتاه‌مدت کافئین در دوره قاعدگی زنان ورزشکار می‌تواند به طور قابل توجهی حداکثر، میانگین و حداقل توان بی‌هوازی، سطح لاکتات خون و درک فشار را بهبود بخشد. با

این حال، این مکمل تغییری معنی‌دار در توان هوازی و فشار خون استراحتی (سیستول و دیاستول) و همچنین فشار خون پس از فعالیت ایجاد نکرد. افزون بر این، مصرف کافئین منجر به افزایش معنی‌دار ضربان قلب پس از تمرین شد که این موضوع ممکن است تأثیر منفی بر توان هوازی داشته باشد.

این یافته‌ها نشان می‌دهد که کافئین می‌تواند به عنوان یک مکمل مؤثر برای بهبود عملکرد بی‌هوازی و کاهش احساس فشار در زنان ورزشکار در دوره قاعدگی مورد استفاده قرار گیرد. با این حال، اثرات جانبی مانند افزایش ضربان قلب پس از تمرین نیازمند توجه بیشتر است. از این رو، توصیه می‌شود که ورزشکاران و مربیان مصرف کافئین را با توجه به پاسخ فردی هر ورزشکار تنظیم کنند تا از اثرات منفی افزایش ضربان قلب جلوگیری شود. اندازه‌گیری منظم فشار خون و ضربان قلب قبل و بعد از مصرف کافئین می‌تواند به شناسایی هرگونه اثرات منفی کمک کند. در مجموع، مصرف کافئین می‌تواند به عنوان یک ابزار مفید برای بهبود عملکرد بی‌هوازی و کاهش درک فشار در دوره قاعدگی در نظر گرفته شود، اما باید با دقت و مدیریت مناسب انجام شود تا از اثرات جانبی منفی جلوگیری گردد.

تضاد منافع

این پژوهش هیچ‌گونه تضاد و تعارض منافعی ندارد.

.منابع

Åstrand, P.-O., & Ryhming, I. (1954). A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. *Journal of applied physiology, 7*(2), 218-221.

Aziz, J. R., Oprea, A., Bissonnette, J. N., Hull, K. M., Napier, K., Schryver, B., . . . Fisher, D. J. (2022). Effect of caffeine on resting-state alpha activity across the human menstrual cycle. *Psychopharmacology, 239*(10), 3161-3170.

Bale, P., Doust, J., & Dawson, D. (1996). Gymnasts, distance runners, anorexics body composition and menstrual status. *The Journal of sports medicine and physical fitness, 36*(1), 49-53.

Bambaeichi, E., Reilly, T., Cable, N., & Giacomoni, M. (2004). The isolated and combined effects of menstrual cycle phase and time-of-day on muscle strength of eumenorrheic females. *Chronobiology International, 21*(4-5), 645-660.

Beck, T. W., Housh, T. J., Schmidt, R. J., Johnson, G. O., Housh, D. J., Coburn, J. W., & Malek, M. H. (2006). The acute effects of a caffeine-containing supplement on strength, muscular endurance, and anaerobic capabilities. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 20*(3), 506-510.

Bell, D. G., & McLellan, T. M. (2002). Exercise endurance 1, 3, and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and nonusers. *Journal of applied physiology, 93*(4), 1227-1234.

Duncan, M. J. (2009). The effect of caffeine ingestion on anaerobic performance in moderately trained adults. *Serbian Journal of Sports Sciences, 3*(4), 129-134.

Fenster, L., Quale, C., Waller, K., Windham, G. C., Elkin, E. P., Benowitz, N., & Swan, S. H. (1999). Caffeine consumption and menstrual function. *American journal of epidemiology, 149*(6), 550-557.

Fisone, G., Borgkvist, A., & Usiello, A. (2004). Caffeine as a psychomotor stimulant: mechanism of action. *Cellular and Molecular Life Sciences CMLS, 61*, 857-872.

Goldstein, E., Jacobs, P. L., Whitehurst, M., Penhollow, T., & Antonio, J. (2010). Caffeine enhances upper body strength in resistance-trained women. *Journal of the International Society of Sports Nutrition, 7*, 1-6.

Greer, F., McLean, C., & Graham, T. (1998). Caffeine, performance, and metabolism during repeated Wingate exercise tests. *Journal of applied physiology, 85*(4), 1502-1508.

Grgic, J. (2018). Caffeine ingestion enhances Wingate performance: a meta-analysis. *European Journal of Sport Science, 18*(2), 219-225.

Hoffman, J. R., Kang, J., Ratamess, N. A., Jennings, P. F., Mangine, G. T., & Faigenbaum, A. D. (2007). Effect of nutritionally enriched coffee consumption on aerobic and anaerobicexercise performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 21*(2), 456-459.

Lara, B., Gutiérrez Hellín, J., Ruíz-Moreno, C., Romero-Moraleda, B., & Del Coso, J. (2020). Acute caffeine intake increases performance in the 15-s Wingate test during the menstrual cycle. *British journal of clinical pharmacology, 86*(4), 745-752.

Mahdavi, R., Daneghian, S., Jafari, A., & Homayouni, A. (2015). Effect of acute caffeine supplementation on anaerobic power and blood lactate levels in female athletes. *Journal of Caffeine Research, 5*(2), 83-87.

Maud, P. J., & Shultz, B. B. (1989). Norms for the Wingate anaerobic test with comparison to another similar test. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 60*(2), 144-151.

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2010). *Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance*: Lippincott Williams & Wilkins.

Miller, R. C., Watson, W. J., Hackney, A. C., & Seeds, J. W. (1994). Acute maternal and fetal cardiovascular effects of caffeine ingestion. *American journal of perinatology, 11*(02), 132-136.

Mohammadi, B., Azamian Jazi, A., & Fathollahi Shourabeh, F. (2012). The effect of aerobic exercise training and detraining on some of the menstrual disorders in non-athlete students in Lorestan universities. *Internal Medicine Today, 18*(2), 5-12.

Norum, M., Risvang, L. C., Bjørnsen, T., Dimitriou, L., Rønning, P. O., Bjørgen, M., & Raastad, T. (2020). Caffeine increases strength and power performance in resistance-trained females during early follicular phase. *Scandinavian journal of medicine & science in sports, 30*(11), 2116-2129.

Peinado, A. B., Alfaro-Magallanes, V. M., Romero-Parra, N., Barba-Moreno, L., Rael, B., Maestre-Cascales, C., . . . Ortega-Santos, C. P. (2021). Methodological approach of the iron and muscular damage: female metabolism and menstrual cycle during exercise project (IronFEMME Study). *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(2), 735.

Pereira, P. E., Motoyama, Y., Esteves, G. J., Oliveira, J. C., Pereira, R., Pandeló, D., & Azevedo, P. (2016). Caffeine supplementation delays the fatigue through central nervous system modulation. *Sport Sciences for Health, 12*, 239-245.

Phillips, S., Sanderson, A., Birch, K., Bruce, S., & Woledge, R. (1996). Changes in maximal voluntary force of human adductor pollicis muscle during the menstrual cycle. *The Journal of physiology, 496*(2), 551-557.

Pilli, R., Naidu, M., Pingali, U. R., & Takallapally, R. K. R. (2012). Study of cardiovascular effects of caffeine in healthy human subjects, with special reference to pulse wave velocity using photoplethysmography. *International Journal of Nutrition, Pharmacology, Neurological Diseases, 2*(3), 243-250.

Puente, C., Abián-Vicén, J., Salinero, J. J., Lara, B., Areces, F., & Del Coso, J. (2017). Caffeine improves basketball performance in experienced basketball players. *Nutrients, 9*(9), 1033.

Purdue-Smithe, A. C., Kim, K., Schliep, K. C., DeVilbiss, E. A., Hinkle, S. N., Ye, A., . . . Schisterman, E. F. (2022). Preconception caffeine metabolites, caffeinated beverage intake, and fecundability. *The American journal of clinical nutrition, 115*(4), 1227-1236.

Rogers, P. J., Edwards, S., Green, M. W., & Jas, P. (1992). Nutritional influences on mood and cognitive performance: The menstrual cycle, caffeine and dieting. *Proceedings of the Nutrition Society, 51*(3), 343-351.

Romero-Moraleda, B., Del Coso, J., Gutiérrez-Hellín, J., & Lara, B. (2019). The effect of caffeine on the velocity of half-squat exercise during the menstrual cycle: A randomized controlled trial. *Nutrients, 11*(11), 2662.

Rüegg, J. C. (2012). *Calcium in muscle contraction: cellular and molecular physiology*: Springer Science & Business Media.

Santana, O., Vieira-Cavalcante, V., Caetano Paulo, A., Rodacki, C., Bertuzzi, R., Lima-Silva, A. E., & Cristina-Souza, G. (2022). Caffeine reverts loss of muscular performance during the early-follicular phase in resistance-trained naturally menstruating women. *Journal of Sports Sciences, 40*(14), 1592-1601.

Sarwar, R., Niclos, B. B., & Rutherford, O. (1996). Changes in muscle strength, relaxation rate and fatiguability during the human menstrual cycle. *The Journal of physiology, 493*(1), 267-272.

Sung, E., Han, A., Hinrichs, T., Vorgerd, M., Manchado, C., & Platen, P. (2014). Effects of follicular versus luteal phase-based strength training in young women. *Springerplus, 3*, 1-10.

Volk, B. M., & Creighton, B. C. (2013). An overview on caffeine. *Nutrition and Enhanced Sports Performance*, 487-495.

Woolf, K., Bidwell, W. K., & Carlson, A. G. (2009). Effect of caffeine as an ergogenic aid during anaerobic exercise performance in caffeine naive collegiate football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 23*(5), 1363-1369

Effect of Short-Term Caffeine Supplementation on Aerobic and Anaerobic Power, Lactate and Fatigue Index During Menstruation in Female Athletes

Elahe Karimi, Javad Mehrabani *, Payam Saidie, Mojtaba Mohammadi

Exercise Physiology Department, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

*Corresponding author: mehrabanij@guilan.ac.ir

Abstract

Objectives: Caffeine as a supplement has many ergogenic effects on exercise performance, but its effects during menstruation is challenging. The aim of the present study was to evaluate the short-term supplemental effect of caffeine on aerobic and anaerobic capacity, lactate and fatigue index during the menstrual period of female athletes.

Methods: 32 female athletes (age 21.86±1.6 yrs, height 1.64±0.06 m and weight 61.91±8.88 kg) participated in a placebo-based, double-blind and randomized experimental trial and were divided into two supplement groups (n:16) and placebo (n:16). On the second day of menstruation, the 30-second Wingate test was performed to measure anaerobic power, lactate (2, 7 and 15 min) and the Ästrand cycle for aerobic power. From the third day of menstruation to the sixth day, 2 capsules containing 4 mg/kg of caffeine or placebo were taken daily, and on the sixth day, one hour after taking the last capsule, the measurements were repeated.

Results: The mixed variance test showed a significant increase in the maximum, average and minimum anaerobic power and heart rate and a decrease in the perceived exertion of exercise after the Wingate test after short-term caffeine consumption during the menstrual period ($p<0.05$). Lactate was decreased in 7 and 15 min after Wingate protocol ($p<0.05$).

Conclusion: The findings showed that a moderate dose of caffeine consumption improves anaerobic performance, perceived exertion, and rapid lactate reduction, but has no effect on aerobic power and fatigue indices during the menstrual cycle. It can be suggested that these athletes can use caffeine in the short term to improve anaerobic performance.

Key words: Menstruation Cycle, Supplementation, Fatigue, Wingate, Astrand