

علوم زیستی ورزشی - بهار ۱۳۹۵
دوره ۸، شماره ۱، ص: ۷۷ - ۹۴
تاریخ دریافت: ۰۷ / ۰۵ / ۹۳
تاریخ پذیرش: ۲۸ / ۰۷ / ۹۳

اثر کافئین بر بازگشت به حالت نخست در فعالیت ارگومتر روئینگ

محمدعلی قرائت^{۱*} - حمید آقاعلی نژاد^۲ - لیلا عیدی ابرغانی^۳ - یعقوب مهری الوار^۴

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، تهران، ایران. ۲. دانشیار فیزیولوژی ورزش دانشگاه تربیت مدرس تهران، گروه فیزیولوژی ورزش تهران، ایران. ۳. کارشناس ارشد تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی تهران، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی تهران، ایران

چکیده

هدف تحقیق پیش رو، تعیین اثر کافئین بر بازگشت به حالت اولیه در فعالیت ارگومتر روئینگ بود. به همین منظور، ۹ پاروژن نخبه مرد (سن $18/3 \pm 1/1$ سال، قد $185/7 \pm 7/1$ سانتی‌متر، وزن $77/9 \pm 8/6$ کیلوگرم و چربی بدن $15 \pm 4/8$ درصد) پس از فعالیت ۲۰۰۰ متر ارگومتر روئینگ، ۳ یا ۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن ($mg \cdot kg^{-1}$) کافئین یا دارونما مصرف کردند. آنها فعالیت را ۲۴ ساعت بعد تکرار کردند. کافئین اثری بر توان ($307/18$) برای $6 \cdot mg \cdot kg^{-1}$ ، $301/00$ برای $3 \cdot mg \cdot kg^{-1}$ و $319/25$ برای دارونما) و زمان ($418/5$) ثانیه برای $6 \cdot mg \cdot kg^{-1}$ ، $421/12$ ثانیه برای $3 \cdot mg \cdot kg^{-1}$ و $413/27$ ثانیه برای دارونما) نداشت. لاکتات در دو دوز مصرف کافئین و دارونما تفاوت معناداری نشان نداد. همچنین تفاوت معناداری در کراتین کیناز در دو دوز کافئین و دارونما پس از پیش‌آزمون و پیش از پس‌آزمون مشاهده نشد. بررسی نتایج فردی بهبود زمان اجرا در پنج نفر و تخریب آن را در چهار نفر پس از مصرف $6 \cdot mg \cdot kg^{-1}$ کافئین نشان داد. همچنین دو ورزشکار بهبود اجرا و هفت ورزشکار تخریب آن را پس از مصرف $3 \cdot mg \cdot kg^{-1}$ کافئین به ازای مصرف دارونما نشان دادند. نتایج نشان داد که کافئین بر بازگشت به حالت اولیه در فعالیت ارگومتر در شرایط تحقیق حاضر اثری ندارد.

واژه‌های کلیدی

استقامت عضلانی، ارگوژنیک، ارگومتر، پاروژنان نخبه، کافئین.

مقدمه

بازگشت به حالت اولیه یکی از مهم‌ترین ابعاد تمرین ورزشکاران است که باید در برنامه فعالیت‌های مختلف مورد توجه قرار گیرد. بازگشت به حالت اولیه فرایندی است که از ابعاد فیزیولوژیک، روان‌شناختی، رفتاری، اجتماعی و محیطی پس از بار تمرینی متأثر می‌شود (۲۵). واضح است که حتی ورزشکاران نخبه نیز زمان بیشتری را در بازگشت به حالت اولیه نسبت به تمرین بدنی در طول روز صرف می‌کنند (۶). بازگشت به حالت اولیه در تمرین مقاومتی شدید به‌طور گسترده‌ای بررسی شده است. بسیاری از مطالعات ۲۴ ساعت تا ۷ روز را برای دوره بازگشت به حالت اولیه بسته به برنامه تمرینی گزارش کرده‌اند (۱۹، ۳۱). این پژوهش‌ها خاطرنشان کرده‌اند که بازگشت به حالت اولیه مطلوب بین جلسات تمرینی به تمرین با شدت بیشتر در جلسه تمرینی بعدی منجر می‌شود، این درحالی است که احتمال بیش‌تمرینی را کاهش می‌دهد.

در ورزش‌های استقامتی، مربیان از جلسات تمرینی با حجم بالا استفاده می‌کنند. بی‌شک اضافه‌بار برای پیشرفت در چنین ورزش‌هایی ضروری است. اما تمرین بیش از حد در برخی موارد می‌تواند موجب ایجاد آسیب شود (۶). آزاد شدن نشانگرهای آسیب عضلانی یکی از واکنش‌های طبیعی به تمرین و فعالیت ورزشی است. یکی از این نشانگرها، کراتین کیناز است که می‌تواند به‌عنوان یکی از نشانگرهای آسیب سلولی ارزیابی شود و عوامل مؤثر بر افزایش یا کاهش آن در برنامه‌ریزی تمرین مؤثر است (۲). پترسون در مطالعه خود افزایش معناداری را در سطوح کراتین کیناز در ۲۴ تا ۷۲ ساعت پس از اتمام فعالیت ورزشی گزارش کرد (۳۲). روئینگ یکی از ورزش‌هایی است که به حجم تمرینی بالا نیاز دارد و موجب ایجاد آسیب‌های عضلانی در پاروزنان خواهد شد.

برای مسابقه ۲۰۰۰ متر، استقامت در توان غالب است و منابع انرژی عضلات رو به کاستی می‌گراید (۲۶، ۲۲). بنابراین پاروزنان این رشته به بازگشت به حال اولیه مناسب پس از جلسات تمرینی یا مسابقه نیاز دارند تا قادر به انجام تمرین یا مسابقه دوباره باشند. به‌عبارت دیگر، فرایندهای مشخصی که بازگشت به حالت اولیه را تسریع بخشند، برای پاروزنان سودمند خواهند بود تا به افزایش توان انجام تمرین بدون افزایش خطر آسیب کمک کنند. مسابقه روئینگ ۲۰۰۰ متر (با توجه به نوع قایق) به مقدار تقریبی ۲۲۰-۲۴۰ پارو در کل زمان مسابقه نیاز دارد، عضلات را به مدت ۳۳۰ تا ۴۵۰ ثانیه به‌کار می‌برد و می‌تواند به‌عنوان یک فعالیت استقامت عضلانی میان‌مدت با شدت بالا دسته‌بندی شود. در

روزهای برگزاری مسابقات، ممکن است یک ورزشکار در روزهای متوالی در چند مسابقه شرکت کند، بنابراین ضرورت دارد که ورزشکار برای مسابقه بعدی به خوبی به حالت اولیه بازگشته باشد.

در تحقیقات قبلی، تأثیرات مواد دارویی مختلفی چون کافئین (۹) و جینسنگ (۱۴) بر استقامت عضلانی بررسی شده است. در مورد مصرف مواد خوراکی، کافئین به عنوان مکمل بین ورزشکاران به طور گسترده‌ای به کار می‌رود (۳۰) و دارای نیمه عمر ۴ تا ۶ ساعت است و به مقدار کمتر از ۱۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن بی‌خطر تشخیص داده شده است (۵). برای مثال، جازک و همکاران (۲۱) گزارش کرده‌اند که مصرف کافئین موجب افزایش زمان تمرین تا رسیدن به واماندگی شده و این موضوع به همراه کاهش میزان گلیکوژنولیز نبوده است. گراهام گزارش کرد که مصرف کافئین موجب ترشح بیشتر اپی‌نفرین و رهاسازی در خون می‌شود و آبشار اکسیداسیون چربی را فعال می‌کند و از تخلیه گلیکوژن عضلانی می‌کاهد (۱۸). دوهرتی و اسمیت (۱۳) در فراتحلیلی عنوان کردند که مصرف کافئین، عملکرد را ۱۱ درصد افزایش می‌دهد. این یافته با دیگر فراتحلیل‌ها در زمینه تأثیرات کافئین بر ورزش همسوست. کول و همکاران (۱۱) نشان دادند که بازده کاری با مصرف کافئین افزایش یافت. همچنین آسترینو و رابرسون (۲) به این نتیجه رسیدند که کافئین استقامت را افزایش می‌دهد. بیسینی و همکاران (۲۰۰۷) اثر تمرین و مصرف کافئین را بر نشانگرهای آسیب عضلانی (شامل کراتین کیناز) بررسی کردند و تغییرات معناداری را در سطوح کراتین کیناز سرم و میزان محتویات گلبول‌های سفید پس از مصرف کافئین توأم با تمرین بلافاصله و ۲۴ ساعت پس از تمرین عضلانی مشاهده کردند (۴).

تحقیقات چندی نیز نشان داده‌اند که مصرف کافئین با اتصال به گیرنده‌های ریانودینی موجب افزایش حساسیت این گیرنده‌ها و آزاد شدن بیشتر کلسیم از شبکه سارکوپلاسمی ($SR Ca^{2+}$) می‌شود (۲۴، ۳۵، ۴۱). مقدار کلسیم آزاد شده هنگام انقباض عضلانی به مرور کاهش می‌یابد و به ایجاد خستگی می‌انجامد. بنابراین خستگی ممکن است از طریق مصرف کافئین و با تسریع آزادسازی و جمع‌آوری کلسیم از طریق فعال‌سازی بیشتر شبکه سارکوپلاسمی، کاهش یابد. همچنین در حین بازگشت به حالت اولیه پس از فعالیت بدنی، تخریب عملکردی زیادی در فعالیت تارهای عضلانی تندانقباض و کندانقباض به دلیل وجود التهاب در غشای میوفیبریلی ایجاد می‌شود که این تخریب عملکردی می‌تواند از طریق مصرف کافئین کاهش یابد (۴۱). در مورد خستگی سیستم عصبی، مصرف کافئین از طریق رقابت با گیرنده‌های آدنوزین در سیستم عصبی و کاهش مصرف آدنوزین موجب کاهش تولید دوپامین می‌شود و خستگی مرکزی را کاهش می‌دهد (۳۶). تحقیقات چندی نشان داده‌اند که مصرف کافئین

به همراه کربوهیدرات پس از اتمام فعالیت ورزشی موجب ریکاوری سریع تر ذخایر گلیکوژن تا ۶۶ درصد نسبت به مصرف کافئین به تنهایی در عضلات اسکلتی می شود (۳۲). همچنین عنوان شده که مصرف کافئین موجب تحریک انتقال پتاسیم به بافت های غیرفعال می شود که خود، سبب رقیق سازی پتاسیم پس از تمرین شده و در حین فعالیت به حفظ تحریک پذیری عضلات و پس از فعالیت، به دلیل ایجاد خستگی کمتر موجب برگشت پذیری سریع تر خواهد شد (۲۸).

برخی تحقیقات دیگر بر تأثیرات مقادیر مختلف کافئین روی عملکرد روئینگ تمرکز داشته اند (۳۹). بروس و همکاران (۹) و اندرسون و همکاران (۱) افزایشی در زمان عملکرد و توان متوسط بر اثر مصرف ۶ و ۹ میلی گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن مشاهده کردند. همچنین پس از مصرف کافئین مشاهده کردند میانگین توان خروجی افزایش و رکورد ۲۰۰۰ متر ارگومتر کاهش یافت. اما اسکینر و همکاران پس از مصرف دارونما و ۳ و ۶ میلی گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن تفاوت معناداری در رکورد، توان و تعداد پارو در دقیقه مشاهده نکردند (۳۹). همچنین چند تحقیق در مورد آثار مکمل های مختلف روی بازگشت به حالت اولیه در فعالیت های استقامتی انجام گرفته است (۳۳، ۳۴). اما در زمینه تأثیر کافئین به تنهایی بر بازگشت به حالت اولیه در ورزش روئینگ مطالعه مستقیمی انجام نگرفته است.

با توجه به احتمال وجود تأثیرات کافئین بر کاهش میزان تخریب تارهای عضلانی، میزان مصرف گلیکوژن به عنوان سوخت و میزان کراتین کیناز و لاکتات، فرض بر این بود که مصرف کافئین بر میزان بازگشت به حالت اولیه پس از اجرای سنگین ارگومتر روئینگ اثرگذار است. بر همین اساس، هدف اصلی این تحقیق بررسی اثر کافئین و دوزهای مختلف آن بر بازگشت به حالت اولیه پس از ۲۰۰۰ متر فعالیت روی ارگومتر روئینگ بود.

روش شناسی

آزمودنی ها

۹ پاروزن نخبه مرد (سن $18/3 \pm 1/1$ سال، قد $185/7 \pm 7/1$ سانتی متر، وزن $77/9 \pm 8/6$ کیلوگرم و چربی بدن $8/4 \pm 1/5$ درصد) در این تحقیق شرکت کردند. طرح تحقیق و تمام خطرهای احتمالی این تحقیق برای آزمودنی ها شرح داده شد. سپس آزمودنی ها یک رضایت نامه کتبی را امضا کردند. یک نوع مشابه دستگاه ارگومتر روئینگ (Concept II Model B, Morrisville, VT) در تمام مراحل تمرین و

آزمون استفاده شد. تمام آزمودنی‌ها با آزمون ارگومتر آشنایی کامل داشتند. روش تحقیق حاضر را کمیته اخلاق گروه علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس تهران تأیید کرد. همچنین روش کار این تحقیق براساس بیانیه هلسینکی است.

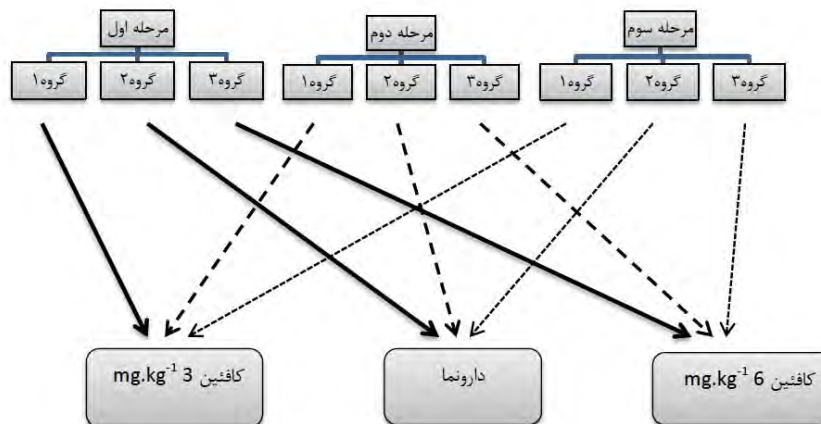
آزمون مقدماتی: همه شرکت‌کنندگان در آزمون، در یک جلسه تمرینی قبل از آغاز آزمون ارگومتر شرکت کردند. آزمون ۲۰۰۰ متر روئینگ آزمونی با روایی بالا برای بررسی توان پاروزنان تمرین‌کرده است (۳۸). در این جلسه تمرینی، دستگاه آنالیزور هوای ریه (Quark CPET, COSMED, Italy) براساس مدل هفت‌مرحله‌ای پیش‌رونده تست روئینگ بوردن برای اندازه‌گیری VO_{2peak} استفاده شد (۳۹،۹).

کنترل تغذیه و تمرین

آزمودنی‌ها اجازه داشتند تغذیه معمولی روزانه خود را داشته باشند. همچنین به‌صورت خودگزارشی با پر کردن فرم تهیه‌شده توسط محقق، از پاروزنان خواسته شد که از مصرف هر گونه نوشیدنی یا خوراکی حاوی کافئین یا الکل یا هر گونه مکمل ورزشی دیگر ۴۸ ساعت قبل از اولین کوشش تا اتمام دومین کوشش از هر مرحله تمرینی خودداری کنند.

روش کار

آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی به سه گروه سه‌نفره تقسیم شدند. هر گروه در یک طرح هم‌گذر (Cross-over) در هر یک از سه مرحله از بلوک‌های پیش‌آزمون-پس‌آزمون، یکی از دوزهای ۳ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن کافئین (3 mg.kg^{-1})، ۶ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن کافئین (6 mg.kg^{-1}) یا دارونما را ۱۵ دقیقه پس از انجام پیش‌آزمون‌های آن مرحله تست ۲۰۰۰ متر ارگومتر روئینگ، استفاده کردند (شکل ۱). آزمودنی‌ها همان آزمون ۲۰۰۰ متر ارگومتر روئینگ را به‌عنوان پس‌آزمون ۲۴ ساعت بعد تکرار کردند.



شکل ۱. پروتکل اجرای طرح تحقیق

شش روز پس از آزمون مقدماتی، ورزشکاران برای اجرای اولین جلسه آزمون (پیش‌آزمون) در آزمایشگاه حاضر شدند. پیش از هر جلسه تمرینی، پاروزنان به مدت ۵ دقیقه با تعداد ۱۶ ضربه پارو روی دستگاه ارگومتر گرم کردند (۲ دقیقه با ۱۰۰ وات، ۲ دقیقه با ۱۵۰ وات و ۱ دقیقه با ۱۷۵ وات توان). سپس ۳ دقیقه حرکات کششی انجام گرفت و در نهایت، پاروزنان به اجرای آزمون ۲۰۰۰ متر ارگومتر روئینگ پرداختند. پاروزنان سه مرحله (بلوک) آزمون را که هر مرحله شامل دو آزمون ۲۰۰۰ متر ارگومتر روئینگ به فاصله ۲۴ ساعت به صورت پیش‌آزمون-پس‌آزمون بود، اجرا کردند (شکل ۱). در تمامی آزمون‌ها، پاروزنان قادر به دیدن اطلاعات اجرای خود نبودند.

بین مراحل تمرینی شش روز فاصله وجود داشت. این فاصله به منظور اطمینان از پاک شدن اثر مصرف کافئین در بلوک آزمون قبلی در نظر گرفته شد (۳۹). زمان نهایی ۲۰۰۰ متر ارگومتر روئینگ بر حسب ثانیه، میانگین تعداد ضربه پارو در دقیقه، توان مصرفی کل بر حسب وات و زمان مورد انتظار به ازای هر ۵۰۰ متر پارو زدن بر حسب ثانیه ثبت شد و برای ارزیابی فردی و گروهی به کار رفت. نمونه خون انگشت سبانه ۱۰ دقیقه قبل و ۱۰ دقیقه بعد از هر کوشش تمرینی گرفته شد. برای هر نمونه خونی، غلظت لاکتات خون با استفاده از کیت لاکتات مدل Lactate Pro; ARKRAY, Inc., Kyoto, Japan و سطح کراتین کیناز (CK) تعیین شد. غلظت لاکتات خون در انتهای پس‌آزمون در هر مرحله از غلظت آن در انتهای پیش‌آزمون همان مرحله تفریق شد. مقدار به دست آمده به عنوان تفاوت غلظت

لاکتات برای ارزیابی استفاده شد. همچنین غلظت سطوح کراتین کیناز برای بررسی آسیب سلولی بلافاصله پس از پیش‌آزمون و قبل از پس‌آزمون در هر مرحلهٔ آزمون (در ۲۴ ساعت بعد از پیش‌آزمون) اندازه‌گیری شد.

پس از جمع‌آوری اطلاعات پیش‌آزمون هر مرحله، پاروزنان کپسول دارونما (حاوی مقدار تقریبی ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن شکر) یا کپسول حاوی ۳ یا ۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) از کافئین را ۱۵ دقیقه پس از اتمام پیش‌آزمون (که ۲۴ ساعت قبل از آغاز پس‌آزمون هر مرحله بود) مصرف کردند (شکل ۱). شیوهٔ انتخاب نوع مکمل به‌طور تصادفی توسط فردی غیروابسته به پروسهٔ تحقیق بود. کپسول‌ها برای مصرف در تمام دورهٔ آزمون، پیش از آغاز اولین آزمون تهیه شدند. کپسول‌های کافئین و دارونما از لحاظ رنگ و اندازه یکسان بودند؛ به‌گونه‌ای که توسط پاروزنان قابل تشخیص نباشند. همهٔ کوشش‌های ارگومتر برای تمامی آزمودنی‌ها در ساعت ۱۰:۳۰ صبح صورت گرفت. تجزیه و تحلیل آماری

برای تحلیل آماری از آزمون‌های توصیفی استفاده شد. نرمال بودن توزیع‌ها از طریق آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. برای بررسی تفاوت درون گروه‌ها و نیز، معناداری اختلاف بین گروه‌ها، آزمون اندازه‌های تکراری و آزمون تعقیبی بونفرونی در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد. داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS مدل ۱۴ تحلیل شد. نتایج به‌صورت میانگین و انحراف استاندارد گزارش شد.

یافته‌های تحقیق

اندازه‌های اجرا

میانگین $\text{VO}_{2\text{peak}}$ به مقدار $4/37 \pm 0/8$ لیتر در دقیقه ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$) بود. نسبت ضربان قلب قبل از اجرای اولین و قبل از دومین آزمون پس از مصرف دارونما اختلاف معناداری نشان نداد (جدول ۱). همچنین ارزیابی داده‌های جمع‌آوری‌شده از آزمون مقدماتی در ۲ دوز مصرف مکمل کافئین و دارونما نشان داد که اختلاف معناداری در زمان کلی ($t=0/88$ ، $P=0/41$) بین دارونما و مصرف $3\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ و $t=0/6$ ، $P=0/71$ بین دارونما و $6\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) وجود ندارد. میانگین توان نیز تغییر معناداری بین دوزهای مختلف مکمل و دارونما نشان نداد ($t=0/86$ ، $P=0/24$) بین دارونما و مصرف $3\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ و $t=0/41$ ،

$P=0/68$ بین دارونما و 6mg.kg^{-1} ، همچنین تفاوت معناداری در میانگین تعداد ضربه پاریو ($t=1/08$)، $P=0/30$ بین دارونما و مصرف 3mg.kg^{-1} ($t=1/34$)، $P=0/31$ بین دارونما و 6mg.kg^{-1} و نیز، زمان مورد انتظار در 500 متر ارگومتر روئینگ ($t=0/68$)، $P=0/53$ بین دارونما و مصرف 3mg.kg^{-1} و $t=0/1$ ، $P=0/9$ بین دارونما و 6mg.kg^{-1} مشاهده نشد.

جدول ۱. میزان ضربان قلب میانگین در زمان‌های مختلف و داروهای مختلف

ضربان قلب	3mg.kg^{-1}	placebo	6mg.kg^{-1}
حالت استراحت	$61/8 \pm 5/2$	$62/7 \pm 4/4$	$63/1 \pm 4/7$
اتمام پیش‌آزمون	$173/2 \pm 8/4$	$169/7 \pm 9/9$	$175/7 \pm 9/9$
اتمام پس‌آزمون	$175/8 \pm 6/8$	$174/8 \pm 11/8$	$176/7 \pm 11/8$

در بررسی داده‌های مربوط به مصرف 2 دوز مکمل کافئین و دارونما، اختلاف معناداری بین نتایج به‌دست‌آمده در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در زمان کلی 2000 متر (بین‌گروهی $t=0/18$ ، $P=0/67$)، $\eta=0/06$ و درون‌گروهی $t=0/76$ ، $P=0/47$)، $\eta=0/06$ مشاهده نشد. میانگین توان نیز در پیش‌آزمون و پس‌آزمون (بین‌گروهی $t=4/11$ ، $P=0/32$)، $\eta=0/61$ و $t=0/82$ ، $P=0/44$)، $\eta=0/99$ اختلاف معناداری نداشت. میانگین تعداد ضربه پاریو (برای پیش‌آزمون $t=0/17$ ، $P=0/84$)، $\eta=0/99$ و برای پس‌آزمون $t=0/03$ ، $P=0/6$)، $\eta=0/09$ و زمان مورد انتظار 500 متر ارگومتر (برای پیش‌آزمون و برای پس‌آزمون $t=0/6$ ، $P=0/56$)، $\eta=0/83$ نیز تفاوت معناداری را ثبت نکردند.

شکل‌های ۱ و ۲ اختلاف بین نتایج فردی ورزشکاران پس از مصرف 3 و 6mg.kg^{-1} کافئین را نسبت به مصرف دارونما نشان می‌دهند (نتایج فردی پارونان پس از مصرف دارونما برای همان پارونان به‌عنوان نتایج پایه به‌کار گرفته شدند). زمان ثبت‌شده پس از 2000 متر ارگومتر روئینگ پس از مصرف 6mg.kg^{-1} کافئین در چهار پارونان بهبود یافته و در پنج پارونان دیگر افت کرده بود. همچنین زمان ثبت‌شده پس از مصرف 3mg.kg^{-1} کافئین در دو ورزشکار بهبود یافته و در هفت نفر دیگر نسبت به مصرف دارونما تخریب شده بود (جدول ۳). برون‌ده توان پس از مصرف 6mg.kg^{-1} کافئین نسبت به دارونما در شش پارونان بهبود یافت و در سه پارونان تخریب شد. همچنین پس از مصرف 3mg.kg^{-1}

کافئین نسبت به دارونما، سه پاروزن عملکرد بهتری نشان دادند، درحالی که توان شش ورزشکار کاهش یافت (جدول ۴).

جدول ۲. میانگین اجرا (mean \pm SD) قبل و بعد از مصرف داروهای مختلف (n= ۹)

مقادیر مصرف	تعداد ضربه پارو		توان (وات)		زمان مورد انتظار ۵۰۰ متر (ثانیه)		رکورد ۲۰۰۰ متر (ثانیه)						
	3mg.kg ⁻¹	۶Mg.kg ⁻¹	3mg.kg ⁻¹	۶Mg.kg ⁻¹	3mg.kg ⁻¹	۶Mg.kg ⁻¹	3mg.kg ⁻¹	۶Mg.kg ⁻¹					
پیش آزمون	میانگین	۲۸/۵	۲۸/۵۴	۲۸/۱۲	۲۹۳/۱	۲۹۹/۰	۳۰۷/۲	۱۰۶/۲۶	۱۰۵/۳۲	۱۰۴/۶	۴۲۵/۶	۴۲۱/۲۷	۴۱۸/۴۵
	انحراف	\pm ۱/۳۸	\pm ۱/۶۹	\pm ۱/۸۸	\pm ۳۳/۳۹	\pm ۲۶/۲۱	\pm ۳۰/۱	\pm ۳/۶۶	\pm ۳/۴۴	\pm ۳/۴۳	\pm ۱۴/۹۱	\pm ۱۳/۵۳	\pm ۱۳/۵۵
پس آزمون	میانگین	۲۸/۹۱	۲۸/۷۲	۲۸/۷۵	۳۰۱/۰۰	۳۰۷/۱۸	۳۱۹/۲۵	۱۰۵/۳۳	۱۰۴/۵۹	۱۰۳/۶۶	۴۲۱/۱۲	۴۱۸/۵	۴۱۳/۲۷
	انحراف	\pm ۲/۱۹	\pm ۱/۴۸	\pm ۱/۵۸	\pm ۲۹/۱۷	\pm ۲۸/۱۶	\pm ۳/۸۵	\pm ۳/۳۱	\pm ۳/۱۸	\pm ۳/۴۰	\pm ۱۲/۸۴	\pm ۱۲/۷۲	\pm ۱۳/۷۲

جدول ۳. زمان اجرای ۲۰۰۰ متر روئینگ در پس آزمون و مصرف داروهای مختلف (n= ۹)

زمان/پاروزنان	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
mg.kg ⁻¹ ۶	۴۲۷/۴	۴۱۴/۴	۳۹۴/۵	۴۱۷/۴	۴۰۶/۷	۴۰۹/۲	۴۲۳/۷	۴۱۶/۳	۴۲۱/۶
mg.kg ⁻¹ ۳	۴۳۱/۷	۴۱۹/۲	۴۱۳/۳	۴۰۴/۵	۴۲۰/۷	۴۱۱/۵	۴۰۸/۸	۴۱۲/۷	۴۱۹/۲
دارونما	۴۲۱/۹	۴۰۷/۵	۳۹۵/۳	۴۲۱	۴۱۱/۲	۴۰۷/۲	۴۰۲/۸	۴۲۹/۳	۴۰۷/۲

جدول ۴. برون ده توان اجرای فردی در پس آزمون و مصرف داروهای مختلف (n= ۹)

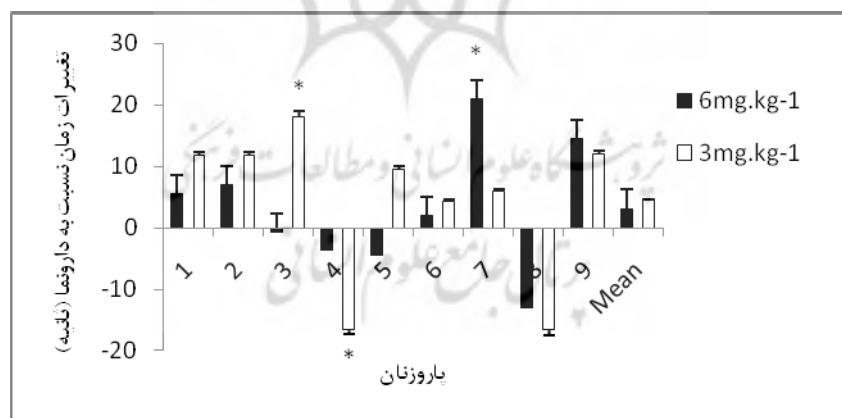
توان/پاروزنان	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
mg.kg ⁻¹ ۶	۳۳۱	۳۶۳	۳۶۵	۳۲۲	۳۳۲	۳۳۴	۲۶۴	۳۳۲	۳۴۶
mg.kg ⁻¹ ۳	۲۶۴	۳۰۴	۳۴۰	۳۳۵	۳۰۱	۳۲۱	۳۲۸	۳۱۹	۳۰۴
دارونما	۲۸۷	۳۱۵	۳۶۲	۲۸۲	۳۳۳	۳۲۷	۲۹۴	۳۰۰	۲۷۹

همان‌گونه که جدول ۵ نشان می‌دهد، مقادیر غلظت لاکتات خون در آزمون مقدماتی تفاوت معناداری بین گروه‌های آزمودنی مشاهده نشد ($\eta = 0/09$, $P = 0/95$, $t = 0/04$). در بررسی نتایج به‌دست‌آمده بعد از پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر مرحله آزمون، بین سه نوع مصرف مکمل تفاوت معنادار بود ($\eta = 0/99$, $P = 0/00$, $t = 3/75$). ولی تفاوت غلظت لاکتات خون بین پس‌آزمون‌ها در دو دوز مصرف کافئین و دارونما تفاوت معناداری نشان نداد ($\eta = 0/03$, $P = 0/60$, $t = 0/51$).

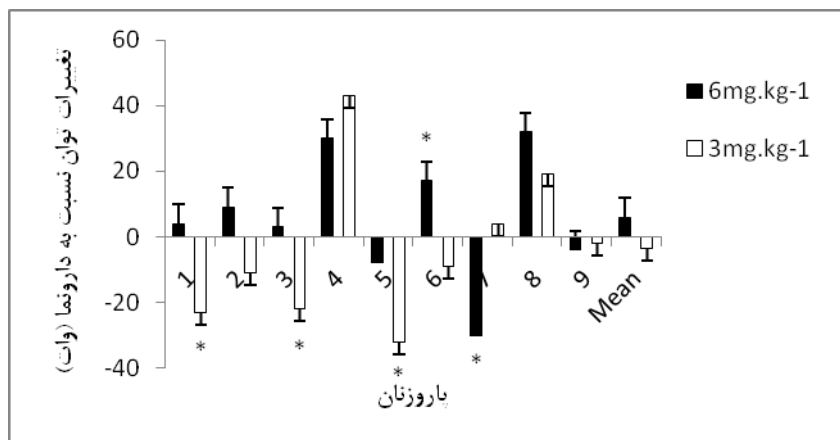
اندازه‌گیری سطوح کراتین کیناز (CK) در سه حالت مصرف دارو بلافاصله پس از اتمام پیش‌آزمون و بلافاصله قبل از پس‌آزمون تفاوت معناداری بین گروه‌ها در هر مرحله آزمون نشان نداد (به‌ترتیب برای پیش‌آزمون و پس‌آزمون، $P = 0/88$, $f = 0/23$ و $P = 0/35$, $f = 0/21$).

جدول ۵. غلظت لاکتات خون در سطح پایه (تست اولیه)، پیش‌آزمون (پس از اولین آزمون) و پس‌آزمون (پس از دومین آزمون) و کراتین کیناز در مصرف داروهای مختلف

غلظت لاکتات (mmol.l^{-1})	دارونما	$\text{mg.kg}^{-1}3$	$\text{mg.kg}^{-1}6$
حالت پایه	$1/98 \pm 0/063$	$1/95 \pm 0/9$	$1/96 \pm 0/06$
اتمام پیش‌آزمون	$11/13 \pm 0/69$	$11/26 \pm 0/58$	$11/4 \pm 0/57$
اتمام پس‌آزمون	$12/39 \pm 0/71$	$12/49 \pm 0/59$	$12/29 \pm 0/68$
CK بعد پیش‌آزمون (U.l^{-1})	$695/3 \pm 170/3$	$743/3 \pm 210$	$722/6 \pm 200/4$
CK قبل پس‌آزمون (U.l^{-1})	$873/2 \pm 210/7$	$905/9 \pm 191/2$	$933/6 \pm 228/5$



شکل ۲. تفاوت‌های فردی زمان اجرای ۲۰۰۰ متر ارگومتر روئینگ در دو دوز کافئین و دارونما (برای هر پاروزن، اجرای خودش پس از مصرف دارونما به‌عنوان حالت اجرای پایه همان پاروزن در نظر گرفته شده است). مقادیر منفی بهبود اجرا و مقادیر مثبت تخریب اجرا را نشان می‌دهند.



شکل ۳. تفاوت‌های فردی توان اجرای ۲۰۰۰ متر ارگومتر روئینگ در دو دوز کافئین و دارونما (برای هر پاروزن، اجرای خودش پس از مصرف دارونما به‌عنوان حالت اجرای پایه همان پاروزن در نظر گرفته شده است). مقادیر منفی نمایانگر بهبود اجرا و مقادیر مثبت نمایانگر تخریب اجراست.

بحث

میانگین داده‌های اجرای ارگومتر شامل زمان، برون‌ده توان و تعداد ضربه پارو و همچنین، غلظت لاکتات خون ثبت‌شده در پیش‌آزمون هر مرحلهٔ آزمون (قبل از مصرف مکمل) به مقادیر گزارش‌شده از تست ۲۰۰۰ متر ارگومتر روئینگ در پژوهش‌های قبلی نزدیک بود. این نکته، می‌تواند دلیلی بر انتخاب صحیح روش تحقیق و روایی ابزار اندازه‌گیری باشد (۲۳، ۳۴). در بررسی داده‌های ثبت‌شده در پس‌آزمون مراحل سه‌گانهٔ بلوک‌های آزمون‌ها، بهبود معناداری در نتایج اجرا پس از مصرف ۳ و ۶ mg.kg^{-1} دارونما (۵ mg.kg^{-1} ساکاروز) در شاخص‌های قابل اندازه‌گیری و غلظت لاکتات خون و کراتین کیناز به‌عنوان شاخص آسیب سلولی در ۲۰۰۰ متر ارگومتر مشاهده نشد. نتایج تحقیق حاضر به‌طور کلی نشان می‌دهد که مصرف دوزهای مختلف کافئین روی اجرای پاروزنان جوان در ارگومتر در شرایط تحقیق حاضر تأثیر معناداری ندارد.

نتایج این تحقیق با بعضی تحقیقات همخوانی دارد و در تعارض با برخی دیگر است. یافته‌های تحقیق بروس و همکاران (۹) و آندرسون و همکاران (۱) که بهبود معناداری در نتایج آزمون ارگومتر با توجه به افزایش دوز مصرفی کافئین را نشان دادند، با یافته‌های حاضر در تعارض است. می‌توان گفت که مصرف کافئین در این دو تحقیق یک ساعت قبل از اجرای آزمون ۲۰۰۰ متر ارگومتر بوده است.

درحالی که در تحقیق حاضر، کافئین ۲۴ ساعت قبل از پس‌آزمون (آزمون نشان‌دهنده آثار احتمالی کافئین بر ریکاوری) مصرف شده که این تفاوت زمان مصرف تا اجرا ممکن است دلیلی برای تفاوت در نتایج به‌دست‌آمده باشد.

همان‌طور که بل و مک لین عنوان داشته‌اند، کافئین دارای نیمه‌عمر ۴ تا ۶ ساعت است. همچنین بیشترین حضور کافئین در خون ورزشکاران ۳ تا ۴ ساعت عنوان شده است (۵). بنابر فرض تحقیق که به‌دنبال یافتن تأثیرات کافئین بر ریکاوری پس از اتمام فعالیت ارگومتر است، آثار کافئین بر ریکاوری در ساعات اولیه پس از اتمام فعالیت که این ماده غلظت بالاتری در خون دارد، ممکن است مهم باشد. البته این موضوع باید در تحقیقات بعدی بیشتر بررسی شود. به‌دلیل اینکه عملکرد کافئین به‌طور کامل در بدن مشخص نیست، فرض تحقیق حاضر بر این بود که تأثیرات کاهش درد کافئین موجب سرعت‌بخشی به ریکاوری می‌شود. ولی این فرضیه بر طبق یافته‌ها تأیید نشد. این یافته با یافته پترسون که عنوان می‌کند مصرف کافئین به‌همراه کربوهیدرات موجب بازیابی بهتر ذخایر گلیکوژنی و تسریع ریکاوری بدن می‌شود، همخوانی ندارد (۳). دلیل این تناقض شاید تفاوت در مصرف کافئین به‌تنهایی در تحقیق حاضر در مقایسه با ترکیب کافئین و کربوهیدرات در تحقیق پترسون باشد.

همان‌گونه که در مطالعات مختلف عنوان شده که میزان کراتین کیناز ۲۴ تا ۷۲ ساعت پس از تمرین عضلانی به بالاترین حد خود می‌رسد (۳۳،۶)، کراتین کیناز بلافاصله بعد از پیش‌آزمون و ۲۴ ساعت پس از آن (بلافاصله قبل از پس‌آزمون) برای بررسی تأثیرات احتمالی کافئین بر کاهش یا افزایش سطوح کراتین کیناز پس از تمرین بررسی شد. اختلاف معناداری بین سطوح کراتین کیناز در ۳ گروه مصرف دارو بلافاصله پس از اتمام اولین آزمون مشاهده نشد. در تحقیقات قبلی نشان داده شده که میزان کراتین کیناز پس از اتمام فعالیت، به‌تدریج افزایش می‌یابد و بلافاصله در انتهای فعالیت افزایش زیادی نشان نمی‌دهد (۴). همچنین بین سطوح کراتین کیناز بعد از ۲۴ ساعت در سه گروه تفاوت معناداری مشاهده نشد. یک دلیل مفروض می‌تواند کاهش میزان التهاب و کاهش تجمع پتاسیم در بیرون غشای سلول‌های فعال عضلات در پی مصرف کافئین باشد که از تخریب بیش از حد میوفیبریل‌ها می‌کاهد و از تجمع بیش از حد کراتین کیناز در ساعات پس از اتمام تمرین جلوگیری می‌کند (۲۸). این یافته‌ها با نتایج تحقیق ماچادو و همکاران (۲۰۰۹) که اختلاف معناداری در آسیب عضلانی در پی مصرف ۵/۵ mg.kg⁻¹ کافئین پس از ۲۴ ساعت از اتمام تمرین مشاهده نکردند، همسوست (۲۹). البته با یافته‌های بیسینی (۲۰۰۷) که مشاهده کرد کافئین موجب افزایش ریسک آسیب عضلانی و بالاتر

رفتن سطوح کراتین کیناز از طریق افزایش تورم و کاهش تعداد سلول‌های سفید تا ۲۴ ساعت پس از فعالیت ورزشی در فوتبالیست‌ها پس از انجام تمرین عضلانی شد، متناقض است (۴).

در بررسی زمان کلی ۲۰۰۰ متر ارگومتر روئینگ به‌عنوان یک عامل اجرا در پس‌آزمون، بهبود شایان توجهی در گروه مصرف‌کننده کافئین در مقایسه با مصرف دارونما مشاهده نشد. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که مقادیر مختلف مکمل کافئین تأثیری بر میزان بازگشت به حالت اولیه پس از اجرای آزمون ۲۰۰۰ متر ارگومتر روئینگ ندارد. نبود اختلاف معنادار بین اجرای ارگومتر ۲۴ ساعت پس از مصرف مکمل کافئین یا دارونما جالب توجه است. لانرگران و وستربلاد مشاهده کردند که تخریب جدی که در تارهای عضلانی پس از اجرای فعالیت ورزشی دیده می‌شود، از طریق مصرف کافئین کمتر می‌شود (۲۷). این کاهش تخریب می‌تواند به‌دلیل ترقیق میزان تجمع پتاسیم در بیرون غشای بافت‌های فعال و انتقال پتاسیم به بافت‌های غیرفعال باشد (۲۸). انتظار می‌رود کاهش تخریب تارهای عضلانی پس از مصرف کافئین موجب تأثیر مثبت بر ریکاوری شود. با توجه به عدم تفاوت در میزان ریکاوری در تحقیق حاضر، این نتیجه با یافته‌های تحقیق لانرگران و وستربلاد همراستا نیست. تحقیقات چندی نشان داده‌اند که پس از مصرف کافئین، افزایش شایان توجهی در ضربان قلب بیشینه و لاکتات بلافاصله پس از اتمام فعالیت ایجاد می‌شود (۳۹، ۱۷، ۸). به‌دلیل مدر بودن کافئین و کاهش پلاسمای خون، قلب یک سازوکار جبرانی پس از مصرف کافئین با افزایش ضربان خود برای حفظ حجم ضربه‌ای دارد (۱۸). البته در تحقیق حاضر به‌دلیل مصرف کافئین پس از اجرای پیش‌آزمون و همچنین فاصله زیاد مصرف تا اجرای پس‌آزمون، ضربان قلب تحت تأثیر مصرف کافئین قرار نگرفته است.

لاکتات یکی از عوامل ایجاد خستگی است و ممکن است موجب تأخیر ریکاوری پس از فعالیت ورزشی شود (۳۷، ۱۶). در تحقیق حاضر، تغییر معناداری در مقادیر اختلاف غلظت لاکتات بین مراحل آزمون مشاهده نشد. همان‌گونه که در تحقیقات قبلی در زمینه استقامت عضلانی عنوان شده (۲۶، ۲۲، ۱۵)، به‌دلیل تخلیه کمتر گلیکوژن عضلات با مصرف کافئین از طریق به‌کارگیری ذخایر گلیکوژن کبد برای انتقال گلوکز به خون و در دسترس قرار دادن بیشتر گلوکز (۲۰) و همچنین استفاده بیشتر از سوخت چربی به‌جای گلوکز به‌دلیل افزایش اپی‌نفرین در خون و اثر آن بر آبخار اکسیداسیون چربی (۱۸)، لاکتات کمتری تولید می‌شود و به‌دلیل خستگی کمتر، برگشت‌پذیری سریع‌تری پس از اتمام تمرین انجام می‌گیرد. این یافته‌ها در شرایط تحقیق حاضر، به‌دلیل عدم ریکاوری بهتر همراه با مصرف

کافئین به اثبات نرسید. ممکن است سن ورزشکاران با سازگاری فیزیولوژیک متفاوت مقتضی دوره جوانی دلیل این تناقض باشد.

در بررسی نتایج عملکردی پس‌آزمون‌ها، تفاوت معناداری بین مصرف دوزهای کافئین و دارونما مشاهده نشد. البته در تحقیقات قبلی به تأثیرات کافئین در تأخیر ایجاد خستگی مرکزی و تأخیر تولید دوپامین از طریق رقابت با گیرنده‌های آدنوزین اشاره شده که با نتایج حاضر در تناقض است (۳۶). یک دلیل محتمل برای توضیح عدم تأثیر کافئین از جنبه روان‌شناختی، انگیزه بیشتر پارونزان جوان برای اجرای آزمون‌ها در بهترین حالت نسبت به ورزشکاران بزرگسال است. همان‌گونه که کاریرا (۲۰۱۲) و واسزو (۲۰۰۵) عنوان کرده‌اند، ورزشکاران جوان ممکن است انگیزه بیشتری داشته باشند و تلاش بیشتری برای نشان دادن بهترین اجرای خود با وجود خستگی ایجاد شده نشان دهند (۴۰، ۱۶، ۱۳، ۱۰). همان‌گونه که کالوس و کلمن (۲۵) عنوان داشته‌اند، نیازهای روان‌شناختی و رفتاری پس از اتمام اجرای ورزشی به اندازه نیازهای فیزیولوژیک و محیطی اهمیت دارند. بنابراین، انگیزه پارونزان جوان ممکن است اجازه مشاهده تأثیرات مقادیر مختلف کافئین نسبت به دارونما را ندهد و هر گونه اثر کافئین بر سیستم عصبی مرکزی بر بازگشت به حالت اولیه را پوشش دهد که به منظور روشن کردن این مطلب، نیاز به مطالعه در مورد سن و اجرای پارونزی و ارتباط آن با انگیزش احساس می‌شود. البته مک لستر و همکاران (۳۱) تفاوت معناداری را بین عملکرد جوانان و بزرگسالان در تمرین وزنه پس از ۲۴ ساعت فاصله از تمرین قبلی مشاهده نکردند، ولی بازگشت به حالت اولیه گروه جوان پس از ۷۲ ساعت از تمرین قبلی بهتر از گروه بزرگسال بود.

براساس یافته‌های حاکی از انگیزه بیشتر ورزشکاران جوان (۱۰، ۱۶، ۲۵) می‌توان نتیجه گرفت که پارونزان جوان در تحقیق حاضر تأثیرپذیری کمتری به خستگی نسبت به کوشش‌های ۲۰۰۰ متر ارگومتر نسبت به پارونزان بزرگسال دارند (۱۰). نکته دیگر قابل بررسی، تفاوت‌های فردی است که بین نتایج اجرای کوشش دوم بلوک‌ها در دو دوز کافئین و دارونما مشاهده می‌شود.

پس از مصرف 6 mg.kg^{-1} زمان ثبت شده در چهار ورزشکار بهبود یافت و در پنج نفر از آنان تخریب شد. همچنین برون‌ده توان در شش ورزشکار کمی بهبود یافت. پس از مصرف 3 mg.kg^{-1} کافئین، دو ورزش بهبود عملکرد زمانی داشتند و بقیه آنان افت عملکرد را تجربه کردند. برون‌ده توان در سه ورزشکار بهبود داشت و در بقیه آنان کاهش یافته بود. بعضی تحقیقات گزارش کرده‌اند که کافئین تأثیر بیشتری بر برخی ورزشکاران نخبه دارد. گراهام و اسپریت بیان کردند که در ورزشکاران نخبه، عضلات و

دیگر بافت‌های بدن پاسخ بهتری نسبت به تحریک کافئینی نشان می‌دهند (۱۷). همچنین ورزشکاران نخبه در اثر مصرف کافئین چارچوب ذهنی بهتری برای تحمل تمرین شدید و طولانی‌مدت خواهند داشت. در افراد نخبه در شرایط هموستاز بهتر، آدنوزین کمتری تولید می‌شود که موجب تأخیر خستگی مرکزی و بهبود عملکرد و ریکاوری آنها می‌شود (۳۶). آزمایش‌های بعدی شامل استفاده از ورزشکاران با سطوح مختلف عملکردی و بررسی نتایج فردی آنان می‌تواند توضیح بهتری برای این موضوع ارائه دهد.

نتیجه‌گیری

یافته‌ها در شرایط تحقیق حاضر حاکی از عدم تأثیر کافئین در دوره ریکاوری یک‌روزه است. از آنجا که مصرف کافئین در بعضی ورزشکاران آثار مثبتی داشت، به نظر می‌رسد استفاده از کافئین برای بهبود ریکاوری باید فردی‌سازی شود. پیشنهاد می‌شود کافئین پیش از اینکه به‌عنوان مکمل سرعت‌دهنده ریکاوری در بعضی ورزشکاران به‌صورت فردی استفاده شود، تحقیقات بیشتری در این زمینه صورت گیرد.

منابع و مآخذ

1. Anderson, M.E., Bruce, C.R., Fraser, S.F., Stepto, N.K., Klein, R., Hopkins, W.G., & Hawley, J.A. (2000). Improved 2000- meter rowing performance in competitive oarswomen after caffeine ingestion. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 10(4), 464-75.
2. Astrino, T.A., Cotrell, T., Lozano, A.T., Aburto-Pratt, K., & Duhon, J. (2012). Increases in cycling performance in response to caffeine ingestion are repeatable. *Nutrition Research*, 32, 78-84.
3. Baird, M.F., Graham, S.M., Baker, J.S., & Bickerstaff, G.F. (2012). Creatine-kinase- and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. *J Nutr Metab*, 2012, 1-13.
4. Bassini-Cameron, A., Sweet, E., Bottino, A., Bittar, C., Veiga, C., & Cameron, L. (2007). Effect of caffeine supplementation on haematological and biochemical variables in elite soccer players under physical stress conditions. *Br J Sports Med*, 41(8): 523-30.
5. Bell, D. G., & McLellan, T.M. (2002). Exercise endurance 1, 3, and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and nonusers. *J Appl Physiol*, 93, 1227-34.
6. Bishop, P.A., Jones, E., & Woods, A.K. (2008). Recovery from training: A brief review. *J Strength Cond Res*, 22 (3), 1-10.

7. Bourdon, P.C., David, A.Z., & Buckley, J.D. (2009). A single exercise test for assessing physiological and performance parameters in elite rowers: the 2-in-1 test. *J Sci Med Sport*, 12(1), 205-11.
8. Bridge, C.A., & Jones, M.A. (2006). The effect of caffeine ingestion on 8 km run performance in a field setting. *J Sports Sci*, 24(4), 433-39.
9. Bruce, C. R., Anderson, M.E., Fraser, S.F., Stepto, N.K., Klein, R., Hopkins, W.G., & Hawley, J.A. (2000). Enhancement of 2000-m rowing performance after caffeine ingestion. *MedSci Sports Exerc*, 32(11), 1958-63.
10. Carreira, J.M. (2012). Motivational orientations and psychological needs in EFL learning among elementary school students in Japan. *System*, 40(2), 191-202.
11. Cole, K.J., Costill, R.D., Starling, B.H., Goodpaster, S.W., Trappe, W., & Fink, W.J. (1996). Effect of caffeine ingestion on perception of effort and subsequent work production. *Int J Sport Nut*, 6, 14-23.
12. Doherty, M., Smith, P.M., & Hughes, M.G. (2004). Caffeine lowers perceptual response and increases power output during high-intensity cycling. *J Sport Sci*, 22, 637-43.
13. Doherty, M., & Smith, P.M. (2005). Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: a meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports*, 15, 69-78.
14. Engles, H.J., Kolokouri, I., Cieslak, T.J., & Wirth, J.C. (2001). Effects of ginseng supplementation on supra-maximal exercise performance and short-term recovery. *J Strength Cond Res*, 15, 290-95.
15. Enoka, R.M. (1995). Mechanisms of Muscle Fatigue: Central Factors and Task Dependency. *J Hechr romyogr Kinesiol*, 5 (3), 141-49.
16. Farrell, P.A., Joyner, M.J., & Ciaozzo, V.J. (2012). ACSM's Advanced Exercise Physiology. American Colledge of Sports Medicine, 2nd Edition, 241-44.
17. Graham, T.E., & Spriet, L.L. (1991). Performance and metabolic responses to a high caffeine dose during prolonged exercise. *J ApplPhysiol*, 71(6), 2292-98.
18. Graham, T.E., & Spriet, L.L. (1996). Caffeine and exercise performance. *Sports Sci Exch*, 9 (1), 67-76.
19. Hakkinen, K. (1993). Neuromuscular fatigue and recovery in male and female athletes during heavy resistance exercise. *Int J Sports Med*, 14, 53-59.
20. Ivy, J.L., Costill, D.L., Fink, W.J. & Lower, R.W. (1979). Influence of caffeine and carbohydrate feedings on endurance performance. *Med and Sci in Sports*, 11(1), 6-11.
21. Jackman, M., Wendling, P., Friars, D., & Graham, T.E. (1996). Metabolic, Catecholamine, and endurance responses to caffeine during intense exercise. *J ApplPhysiol*, 81, 1658-63.
22. Jarek, M., Jaak, J., & Toivo, J. (2005). Monitoring of Performance and Training in Rowing. *J Sports Med*, 35(7), 597-617.

23. Jurimae, J., Purge, P., Maestu, J., & Jurimae, T. (2002). Physiological responses to successive days of intense training in competitive rowers. *Hungarian Rev Sports Med*, 43(1), 11–19.
24. Kabbara, A.A., & Allen, D.G. (1999). The role of calcium stores in fatigue of isolated single muscle fibers from the cane toad. *J Physiology*, 519.1, 169-176.
25. Kallus, K. W., & Kellmann, M. (2000). Burnout in athletes and coaches. In Y. L. Hanin (Ed.), *Emotions in sport*. Champaign, IL: Human Kinetics, 209-30.
26. Kentta, G., & Hassmen, P. (1998). Overtraining and recovery. *Sports Med*, 26, 1–16.
27. Lannergren, J., & Westerblad, H. (1989). Maximum tension and force-velocity properties of fatigued, single *Xenopus* muscle fibers studied by caffeine and high K^+ . *J Physiology*, 409, 473-90.
28. Lindinger, M.I. (1995). Potassium regulation during exercise and recovery in humans: Implications for skeletal and cardiac muscle. *J Mol Cell Cardiol*, 27, 1011-22.
29. Machado, M., Breder, A.C., Ximenes, M.C., Simões, J.R., & Vigo, J.F. *Br J Pharmac Sci*, 45(2), 257-61.
30. Maughan, R.J., Depiesse, F., & Geyer, H. (2007). The use of dietary supplements by athletes. *J Sports Sci*, 25(1), 103–13.
31. McLester, J.R., Bishop, P.A., Smith, J., Wyers, L., Dale, B., Kozusco, J., Richardson, M., Nevett, M.E., & Lomax, R.A. (2003). Series of studies- A practical protocol for testing muscular endurance recovery. *J Strength Cond Res*, 17(2), 259-73.
32. Pederson, D.J., Lessard, S.J., Coffey, V.G., Churchley, E.G., Wootan, A.M., They, N.G., Watt, M.J., & Hawley, J.A. (2008). High rates of muscle glycogen resynthesis after exhaustive exercise when carbohydrate is coingested with caffeine. *J Appl Physiol*, 105, 7-13.
33. Pettersson, J., Hindorf, U., Persson, P., Bengtsson, T., Malmqvist, U., Werkström, V., & Ekelund, M. (2007). Muscular exercise can cause highly pathological liver function tests in healthy men. *Br J Clin Pharmacol*, 65, 253–59.
34. Pripstein, L., Rhodes, E., & McKenzie, D. (1999). Aerobic and anaerobic energy during a 2-km race simulation in female rowers. *Eur J Appl Physiol*, 79, 491-94.
35. Rousseau, E., Ladine, J., Lui, Q. and Meissner, G. (1988). Activation of the Ca^{2+} release channel of skeletal muscle sarcoplasmic reticulum by caffeine and related compounds. *Arch Biochem & Biophys*, 267, 75-86.
36. Santos, V.C., Ruiz, R.J., Vettorato, E.D., Nakamura, F.Y., Juliani, L.C., Polito, M.D., Siqueira, C.M., & Ramos, S.P. (2011). Effects of chronic caffeine intake and low intensity exercise on skeletal muscle of wistar rats. *Exp Physiol* ;96(11): 1228-38.
37. Sawka, M.N., Burke, L.M., Eichner, E.R., Maughan, R.J., Montain, S.J., & Stachenfeld, N. (2007). American College of Sports Medicine position stand: Exercise and fluid replacement. *Medicine & Sci in Sports & Exer*, 39, 377–90.
38. Schabert, E.J., Hawley, J.A., Hopkins, W.G., & Blum, H. (1999). High reliability of performance of well-trained rowers on a rowing ergometer. *J Sports Sci*, 17(8), 627-32.

39. Skinner, T.L., Jenkins, D.A., Coombes, J.F., Taaffe, D.R., &Leverith, M.D. (2010). Dose Response of Caffeine on 2000-m Rowing Performance. *Med Sci Sport Exerc*, 42(3), 571-76.
40. Vazou, S., Ntoumanis, N., &Duda, J.L. (2006). Predicting young athletes' motivational indices as a function of their perceptions of the coach- and peer-created climate. *Psychol Sport & Exer*, 7(2), 215-33.
41. Westerblad, H., Allen, D.G., & Lannergren, D. (2002). Muscle Fatigue: Lactic Acid or Inorganic Phosphate the Major Cause? *J Physiology*, 17, 17-21.
42. Williams, M.B., Raven, P.B., Fogt, D.L., & Ivy, J.L. (2003). Effects of recovery beverages on glycogen restoration and endurance exercise performance. *J Strength Cond Res*, 17(1), 12-19.

