علوم زیستی ورزشی _ بهار ۱۳۹۴
دورهٔ۷، شمارهٔ۱، ص : ۱۱- ۲۹
تاریخ دریافت : ۰۷ / ۰۱ / ۹۲
تاریخ پذیرش : ۱۶ / ۱۲ / ۹۲

اثر کافئین بر متابولیسم سوبسترا و زمان رسیدن به واماندگی در طول فعالیت و یک ساعت بعد از آن در دختران ورزشکار

امیرحسین حقیقی*[۱] _ ریحانه ادیال باف مقدم [۲] _ محمدرضا حامدی نیا [۳]

۱.دانشیار گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکدهٔ تربیت بدنی وعلوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران، ۲. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران،۳. استاد گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

چکیده

هدف تحقیق حاضر، بررسی اثر مصرف کافئین بر متابولیسم سوبسترا و زمان رسیدن به واماندگی در طول فعالیت و یک ساعت بعد از آن در دختران ورزشکار بود. یازده دانشجوی دختر ورزشکار (سن ۱/۵۴±۲۳ سال، وزن ۵/۹۹±۵۶/۰۹ کیلوگرم، توان هوازی ۱/۰۱±۴۰/۲۱ میلی‌لیتر بر هر کیلوگرم وزن بدن در دقیقه) به‌طور داوطلبانه انتخاب و به‌صورت تصادفی در یک طرح متقاطع در سه حالت کنترل، دارونما (کپسول نشاسته) و کافئین (۵ mg/kg) قرار گرفتند. پروتکل ورزشی شامل دویدن وامانده‌ساز با شدت ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب روی نوار گردان بود. اندازه‌گیری گازهای تنفسی نیم ساعت قبل از فعالیت در حالت خوابیده (پایه)، در طول فعالیت و یک ساعت بعد از فعالیت به‌عنوان EPOC انجام گرفت. مقدار اکسیداسیون چربی، کربوهیدرات و هزینهٔ انرژی از طریق کالری‌سنجی غیرمستقیم اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف، تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی LSD در سطح معناداری P≤۰/۰۵ تحلیل شدند. نتایج نشان داد با مصرف کافئین اکسیداسیون کربوهیدرات در طول فعالیت به‌طور معناداری افزایش یافت (P< ۰/۰۵)، اما در اکسیداسیون چربی اثر معناداری مشاهده نشد (P> ۰/۰۵). همچنین مصرف کافئین بر اکسیداسیون سوبسترا در وضعیت EPOC تأثیر معناداری نداشت (P> ۰/۰۵)، اما موجب افزایش معنادار زمان رسیدن به واماندگی شد (P< ۰/۰۵). در مجموع می‌توان گفت دختران ورزشکار برای بهبود زمان رسیدن به واماندگی می‌توانند از مصرف مکمل کافئین به مقدار ۵ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در زمان یک ساعت قبل از فعالیت ورزشی سود ببرند.

واژه‌های کلیدی

اکسیژن مصرفی اضافی پس از تمرین، زمان رسیدن به واماندگی،کافئین، متابولیسم سوبسترا.

---

* نویسندهٔ مسئول : تلفن : ۰۵۱-۴۴۰۱۲۷۶۵ Email :ah.haghighi@hsu.ac.ir

مقدمه

مصرف انرژی هنگام فعالیت بدنی عمدتاً از ترکیب سوخت‌وساز چربی و کربوهیدرات تأمین می‌شود و سهم هر کدام از این دو منبع از طریق رژیم غذایی، ذخایر گلیکوژن عضلات، شدت تمرین، مدت و نوع فعالیت، تعیین می‌شود. دیگر عوامل مهم در اکسیداسیون سوبسترا، تارهای عضلانی نوع یک، مقدار جذب چربی رژیم غذایی، لاکتات پلاسما و غلظت اسیدهای چرب آزاد هستند (۳۱).

عوامل زیادی وجود دارند که احتمالاً با افزایش غلظت اسیدهای چرب پلاسما و بهبود عملکرد و سازوکارهای درگیر در انتقال و اکسیداسیون اسید چرب، موجب افزایش مصرف چربی می‌شوند (۱۲). یکی از این عوامل مصرف مکمل کافئین (۷،۳،۱ تری متیل گزانتین) است. کافئین آلکالوئیدی محرک است و از شایع‌ترین مکمل‌های مصرفی در جهان به‌شمار می‌رود، این ماده شبه‌کریستال، سفیدرنگ و تلخ‌مزه است که در چای، قهوه و نسکافه، نوشابه‌های کولادار و شکلات‌های حاوی کاکائو یافت می‌شود (۲). به‌دلیل اثرگذاری کافئین بر سیستم عصبی مرکزی و به‌دنبال آن بهبود در هوشیاری و تمرکز و همچنین هزینهٔ کم و مصرف آسان آن، در میان ورزشکاران زن و مرد به‌منظور بهبود عملکرد ورزشی شیوع زیادی یافته است (۲۶).

برخی پژوهش‌های انجام‌گرفته در مورد آثار نیروزایی کافئین هنگام فعالیت ورزشی نشان می‌دهد که در جریان فعالیت هوازی، کافئین موجب افزایش اتکا به چربی در کاتابولیسم انرژی می‌شود (۱۶) و می‌تواند با افزایش اکسیداسیون اسید چرب، سبب صرفه‌جویی در مصرف گلیکوژن توسط عضله شود (۷). در همین زمینه رورک و همکاران (۲۰۰۷) و بریدج و همکاران (۲۰۰۶)، اثر مصرف پنج میلی‌گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن را بر عملکرد استقامتی در دوندگان تمرین‌کرده و تفریحی بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد، مصرف کافئین عملکرد را در دو گروه به‌طور معناداری بهبود می‌بخشد (۲۴، ۵).

کافئین همچنین می‌تواند موجب افزایش اکسیژن مصرفی اضافی بعد از تمرین[1] (EPOC) شود (۳). دانلی و همکاران (۱۹۹۲) در تحقیقی تأثیر مصرف ۱۰-۵ میلی‌گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن را بر اکسیژن مصرفی اضافی بعد از تمرین در زنان تمرین‌نکرده بررسی کردند. نتایج آنها افزایش اکسیژن مصرفی و بسیج چربی را در طول یک ساعت بازیافت پس از ۹۰ دقیقه تمرین زیر بیشینه نشان داد (۹). همچنین نشان داده شده است که مصرف کافئین به مقدار ۵ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن

1. Excess post-exercise oxygen consumption (EPOC)

بدن موجب کاهش نسبت تبادل تنفسی می‌شود (۲۲)، این موضوع به مصرف چربی بیشتر به‌عنوان منبع انرژی در طول تمرین اشاره دارد. در مقابل، بعضی محققان هیچ اثری از مصرف کافئین بر نسبت تبادل تنفسی (RER) یا مصرف اسیدهای چرب آزاد به‌وسیلهٔ عضلات مشاهده نکردند (۲۹، ۱۹، ۱۵، ۸، ۱). در دو تحقیق اخیر نیز محدودیت‌هایی عنوان شد. به‌طوری‌که الکینا و همکاران (۲۰۱۱)، در تحقیقی به بررسی اثر مصرف ۵ میلی‌گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن بر منحنی کامل اسید چرب در مردان تمرین‌نکرده در طول ۳۰ دقیقه دوچرخه‌سواری ثابت با شدت ٪۷۵ VO_2max پرداختند. نتایج آنها نشان داد که مصرف کافئین هیچ مزیت متابولیکی مشخصی ایجاد نمی‌کند و بین گروه کافئین و دارونما در RER تفاوت معناداری وجود ندارد (۲۲). آنها محدودیت تحقیق خود را استفاده از افراد تمرین‌نکرده و عدم اجرای تمرین تا خستگی ارادی و نیز شدت بالای تمرین عنوان کردند. همچنین آستورینو و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی تأثیر مصرف ۶ میلی‌گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن را بر اکسیژن مصرفی اضافی بعد از تمرین در مردان تمرین‌کردهٔ مقاومتی بررسی کردند. آنها نتیجه گرفتند EPOC بعد از اجرای تمرینات مقاومتی با شدت ۸۰-۷۰ درصد یک تکرار بیشینه تا واماندگی افزایش می‌یابد (۳). در این تحقیق نیز شدت تمرین بالا بود و یک تأخیر زمانی به مقدار ۷ دقیقه از زمان اجرای آخرین تکرار تمرینات مقاومتی تا ارزیابی گازهای تنفسی وجود داشت که مانع از این شده بود که نتایج دقیقی از متابولیسم سوبسترا به‌دست آید.

این محدودیت‌ها و نتایج ناهمسویی که در تحقیقات قبلی مشاهده می‌شود (۲۷، ۲۰، ۱۸- ۱۵)، سبب شده که نتوان در زمینهٔ مصرف کافئین و متابولیسم سوبسترا به جمع‌بندی مطلوبی رسید. با توجه به بررسی‌های انجام‌گرفته، در زمینهٔ تأثیر کافئین بر متابولیسم سوبسترا در طول فعالیت و یک ساعت بعد از آن در دختران ورزشکار تحقیقی یافت نشد. ازاین‌رو تحقیق حاضر سعی دارد ضمن رفع محدودیت‌های تحقیقات گذشته، اثر کافئین را بر زمان رسیدن به واماندگی و متابولیسم سوبسترا در طول فعالیت و یک ساعت بعد از آن در دختران ورزشکار بررسی کند.

روش تحقیق

روش تحقیق حاضر، کاربردی و از نوع نیمه‌تجربی بود. نمونهٔ آماری شامل دوازده دانشجوی دختر ورزشکار دانشگاه حکیم سبزواری بودند که با توجه به دارا بودن حداقل یک سال سابقهٔ فعالیت ورزشی منظم (سه جلسه در هفته)، به‌صورت داوطلبانه انتخاب شدند. آزمودنی‌ها به‌طور متقاطع در تحقیق

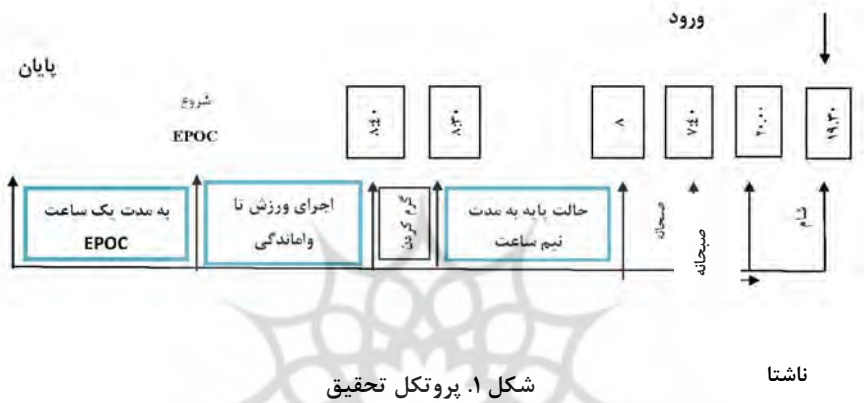
شرکت کردند و طی سه روز متوالی در سه حالت کنترل (c)، دارونما (p) و مصرف کافئین (caf) قرار گرفتند. البته یکی از آنها به دلایل شخصی از ادامهٔ تحقیق انصراف داد. بنابراین تعداد کل آزمودنی‌ها به یازده نفر کاهش یافت. همهٔ داوطلبان سالم بودند و سلامت کلی افراد، از طریق پرسشنامهٔ سابقهٔ پزشکی و پرسشنامهٔ آمادگی برای شروع فعالیت بدنی ارزیابی شد. همچنین همهٔ آزمودنی‌ها رضایت‌نامهٔ کتبی مبنی بر شرکت در برنامهٔ تحقیقی را کامل کردند.

طرح آزمایش

آزمودنی‌ها دو روز قبل از انجام آزمایش‌ها، در ساعت ۸ صبح به‌منظور آشنایی با محیط آزمون و اندازه‌گیری‌های اولیه وارد آزمایشگاه شدند. با توجه به برنامهٔ زمانبندی طرح تحقیق، اندازه‌های آنتروپومتریک شامل قد، وزن، درصد چربی (با استفاده از دستگاه تحلیل‌گر ترکیب بدن)، تودهٔ بدون چربی، شاخص تودهٔ بدن و حداکثر اکسیژن مصرفی (با استفاده از آزمون وامانده‌ساز و دستگاه گاز آنالیزور)، آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. همچنین آزمودنی‌ها قبل از انجام پروتکل اصلی پژوهش، به‌طور کامل با دستگاه تجزیه‌وتحلیل گازها و نحوهٔ کار آن آشنا شدند. پروتکل تحقیق شامل سه قسمت بود. ابتدا تجزیه‌وتحلیل گازها به مدت نیم ساعت به‌صورت خوابیده به‌عنوان حالت پایه، مرحلهٔ بعد در حین دویدن تا واماندگی و در نهایت یک ساعت پس از فعالیت به‌صورت خوابیده به‌عنوان EPOC بود. بالاترین VO_2به‌دست‌آمده در طول آزمون، به‌عنوان حداکثر اکسیژن مصرفی در نظر گرفته شد که به‌صورت نسبی گزارش شد. از همهٔ آزمودنی‌ها خواسته شد در شب قبل از آزمون از غذای سلف استفاده کنند و ۴۸ یا حداقل ۲۴ساعت قبل از اجرای آزمون از مصرف غذاها و نوشیدنی‌های حاوی کافئین (مثل چای، قهوه، نسکافه، شکلات و غیره) بپرهیزند (۲۳) و صبح روز اجرای پروتکل به‌صورت ناشتا در محل انجام پروتکل حضور یابند.

طرح متقاطع به گونه‌ای طراحی شد که تعداد یازده آزمودنی، به‌صورت تصادفی در سه حالت و در یکی از گروه‌های زیر فعالیت کنند: الف) حالت کنترل؛ ب) حالت کافئین (پنج میلی‌گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن به‌صورت کپسول) (۲۲) و ج) حالت دارونما (پنج میلی‌گرم پودر نشاسته به ازای هر کیلوگرم وزن بدن به‌صورت کپسول) (۱۵). به‌دلیل وجود یک دستگاه گاز آنالیزور، در هر روز از یک نفر آزمون گرفته شد. آزمودنی در روز اول، در ساعت ۷:۴۵ صبح وارد آزمایشگاه شد و پس از صرف صبحانهٔ یکسان (کره ۳۰ گرمی + عسل ۳۰ گرمی + ۲۰۰ گرم نان)، کپسول حاوی کافئین یا دارونما را همراه با آب مصرف کرد. کپسول مورد نظر ۴۵ الی ۶۰ دقیقه قبل از آزمون به آزمودنی‌ها داده شد تا

غلظت کافئین در خون به حداکثر مقدار خود برسد. ساعت ۸ صبح اولین مرحلهٔ پروتکل شامل تحلیل گازهای تنفسی در حالت خوابیده به مدت نیم ساعت انجام گرفت که به‌عنوان حالت پایه محسوب شد. سپس آزمودنی در ساعت ۸:۴۰ صبح بعد از ۱۰ دقیقه گرم کردن شروع به دویدن با شدت ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب تا واماندگی کرد. بلافاصله بعد از اتمام برنامهٔ تمرینی،گازهای تنفسی به مدت یک ساعت در حالت خوابیده به‌عنوان EPOC جمع‌آوری شد. پروتکل تحقیق در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۱. پروتکل تحقیق

پروتکل ورزشی و اندازه‌گیری شاخص‌های تحقیق

جلسات اصلی دویدن تا واماندگی در سه حالت کنترل، دارونما و کافئین به‌صورت مجزا اجرا شد که شامل دویدن با شدت ۷۰درصد حداکثر ضربان قلب تا حد واماندگی بود. در روز اجرای پروتکل ابتدا دستگاه تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی مدل متامکس 3B ساخت آلمان روی کمربند شانه‌ای آزمودنی قرار گرفت. بعد از مرحلهٔ پایه، ضربان‌سنج مدل تکنوجیم ساخت آلمان روی قفسهٔ سینهٔ فرد قرار داده شد. سپس فرد روی تردمیل مدل تکنوجیم ساخت آلمان قرار گرفت، به نحوی که تردمیل ضربان قلب آزمودنی را از طریق ضربان‌سنج دریافت کرد. سپس با انتخاب گزینهٔ احیای قلبی- ریوی[1] (CPR) مشخصات فردی آزمودنی شامل سن، وزن و همچنین شدت مورد نظر (به‌صورت ضربان قلب) به حافظهٔ دستگاه وارد شد و کلید استارت به کار افتاد. در طول آزمون، آزمودنی‌ها به شکل کلامی تشویق شدند و در صورت اظهار خستگی شدید توسط آزمودنی و عدم توانایی برای ادامهٔ دویدن، پروتکل پایان یافت.

1. Cardiopulmonary resuscitation

برای اندازه‌گیری چربی مصرفی ابتدا مقدار میانگین VO_2 و VCO_2 و RER در سه بازهٔ زمانی، ۳۰ دقیقه حالت پایه، در زمان اجرای تمرین ورزشی و یک ساعت EPOC، محاسبه شد و سپس در فرمول زیر (فراین [1] ۱۹۸۳)(۱۳) قرار داده شد و مقدار چربی مصرف‌شده محاسبه شد.

(لیتر در دقیقه) VCO_2×۱/۶۷ - (لیتر در دقیقه)VO_2×۱/۶۷= مقدار اکسیداسیون چربی (گرم در دقیقه)

برای اندازه‌گیری کربوهیدرات مصرفی از فرمول زیر استفاده شد (۱۳).

(لیتر در دقیقه) VO_2×۳/۲۱ - (لیتر در دقیقه)VCO_2×۴/۵۵= مقدار اکسیداسیون کربوهیدرات (گرم در دقیقه)

انرژی مصرفی نیز از فرمول ولپ [2] (۲۰۰۳)(۳۲) محاسبه شد.

۴/۱۸۴× (۳/۸۱۵ +۱/۲۳۲× RER) × (لیتر در دقیقه)VO_2= مقدار مصرف انرژی (کیلوژول در دقیقه)

شایان ذکر است تمام فرمول‌های مذکور برای RER مساوی و کمتر از ۱ قابل استفاده و کاربرد است و زمانی‌که RER بیش از ۱ شود، فرمول‌ها، داده‌های درستی را ارائه نمی‌دهند.

روش‌های آماری

برای محاسبهٔ شاخص‌های مرکزی و پراکندگی از آمار توصیفی استفاده شد. برای بررسی تغییرات اکسیداسیون کربوهیدرات، چربی و هزینهٔ انرژی در ورزش با شدت متوسط در زمان استراحت، در طول فعالیت و یک ساعت بعد از فعالیت، از آزمون ANOVA با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد. در صورت معناداری برای مقایسهٔ جفت میانگین‌ها از آزمون تعقیبی LSD استفاده شد. کلیهٔ عملیات آماری توسط نرم‌افزار SPSS (نسخهٔ۱۶) انجام گرفت و سطح معناداری آزمون‌ها P≤۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

با استفاده از آمار توصیفی مشخصات آزمودنی‌ها شامل سن، وزن، قد، شاخص تودهٔ بدن، درصد چربی بدن و توان هوازی (VO_2max) آنها محاسبه شد (جدول ۱).

اثر کافئین بر عملکرد ورزشی (زمان رسیدن به واماندگی)

نتایج نشان داد که زمان رسیدن به واماندگی بعد از مصرف کافئین نسبت به حالت دارونما به‌طور معناداری افزایش یافت (P= ۰/۰۰۱). عملکرد بعد از مصرف کافئین نسبت به حالت کنترل بهتر بود،

1. Frayn
2. Volpe

ولی معنادار نبود (P= ۰/۳۰). عملکرد در حالت کنترل نسبت به حالت دارونما تغییر معنـاداری نداشـت (P= ۰/۱۳) (جدول ۲).

جدول ۱. مشخصات آزمودنی‌ها

شاخص	میانگین وانحراف استاندارد
سن (سال)	۲۳±۱/۵۴
وزن (کیلوگرم)	۵۶/۰۹± ۵ /۹۹
قد (سانتی‌متر)	۱۶۱/۱۸± ۳/۹۱
شاخص تودهٔ بدن(kg/m^2)	۲۱/۶۱± ۲/۳۳
توان هوازی (ml/kg/min)	۴۰/۲۱ ± ۱/۰۱

جدول۲. نتایج اثر کافئین بر زمان رسیدن به واماندگی

	حالت کنترل	حالت دارونما	حالت کافئین	P*
زمان رسیدن به واماندگی (دقیقه)	۵۷/۱۸±۲/۶۷	۵۱/۹±۲/۸۷	۶۱/۴۵±۲/۹۳	۰/۰۴

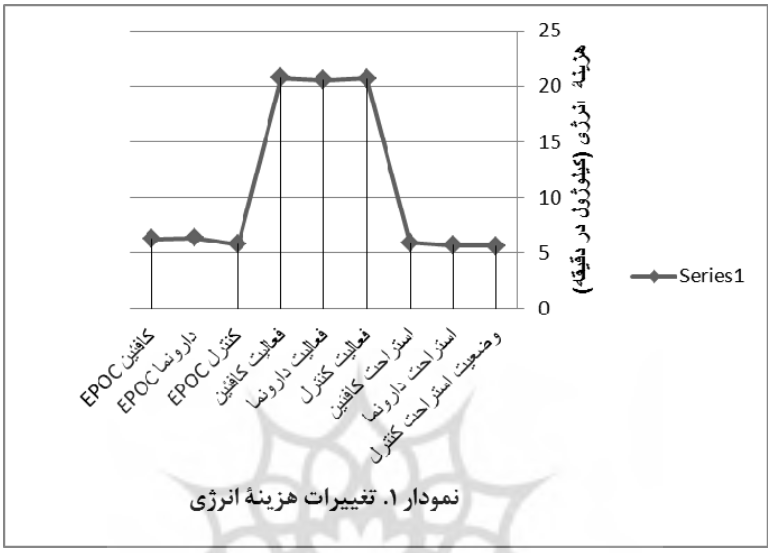
* سطح معناداری P≤۰/۰۵ است.

اثر کافئین بر تغییرات سوبسترا و هزینهٔ انرژی

هزینهٔ انرژی

تحلیل داده‌ها نشان داد تغییـرات شـاخص هزینـهٔ انـرژی معنـادار اسـت (F = ۷۸/۰۹ و P = ۰/۰۰۰۱). آزمون تعقیبی نشان داد هزینهٔ انرژی در وضعیت پایه در هر سه حالت (کنترل، دارونما، کافئین) تفـاوت معناداری با یکدیگر نداشت (P =۰/۹۰، P = ۰/۱۳، P = ۰/۳۴). هزینهٔ انرژی در وضعیت فعالیت نسـبت به وضعیت پایه در هر سه حالت (کنترل، دارونما، کافئین) به‌طور معناداری افـزایش یافـت (در هـر سـه وضعیت P = ۰/۰۰۱). در کل، بین هزینهٔ انـرژی در وضـعیت فعالیـت در سـه حالـت (کنتـرل، دارونمـا، کافئین) تفاوت معناداری مشاهده نشد. هزینهٔ انرژی وضعیت EPOC نسبت به حالت پایـه در هـر سـه حالت (کنترل، دارونما، کافئین) تفاوت معنـاداری نداشـت (P = ۰/۵۷، P = ۰/۳۱، P = ۰/۲۴). در کـل، بین وضعیت EPOC در سه حالت نیز تغییر معناداری مشاهده نشد. هزینهٔ انرژی در وضـعیت EPOC

نسبت به وضعیت فعالیت ورزشی در هر سه حالت به‌طور معناداری کاهش یافت (در هر سه وضعیت P = ۰/۰۰۱) (نمودار ۱ و جدول ۳).

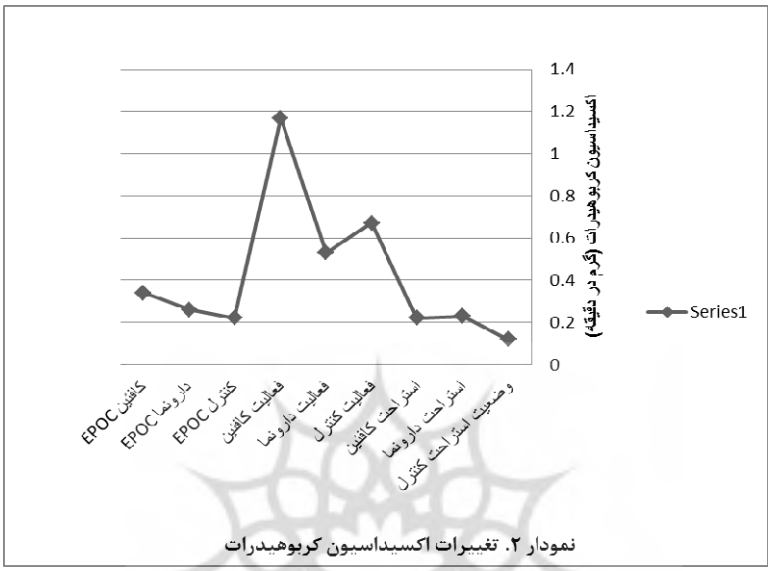


نمودار ۱. تغییرات هزینهٔ انرژی

اکسیداسیون کربوهیدرات

تحلیل داده‌ها نشان داد تغییرات این شاخص معنادار است (F = ۱۰/۴۶ و P = ۰/۰۰۱). آزمون تعقیبی نشان داد اکسیداسیون کربوهیدرات در وضعیت پایه در حالت دارونما نسبت به حالت کنترل افزایش معناداری داشت (P = ۰/۰۴). همچنین این شاخص در وضعیت پایه در حالت کافئین نسبت به حالت کنترل افزایش معناداری داشت (P = ۰/۰۳). ولی در وضعیت پایه در حالت کافئین نسبت به حالت دارونما اکسیداسیون کربوهیدرات تفاوت معناداری نداشت (P= ۰/۸۵). اکسیداسیون کربوهیدرات در هنگام فعالیت ورزشی در هر سه حالت (کنترل، دارونما، کافئین) نسبت به وضعیت پایه به‌طور معناداری افزایش یافت (P=۰/۰۲، P=۰/۰۱، P= ۰/۰۰۱). اکسیداسیون کربوهیدرات در هنگام فعالیت ورزشی در حالت کافئین نسبت به حالت دارونما و کنترل به‌طور معناداری افزایش یافت (P = ۰/۰۰۸، P= ۰/۰۰۶). اکسیداسیون کربوهیدرات در وضعیت EPOC نسبت به وضعیت فعالیت ورزشی در هر سه حالت (کنترل، دارونما، کافئین) به‌طور معناداری کاهش یافت (P = ۰/۰۲، P = ۰/۰۶، P = ۰/۰۰۲).

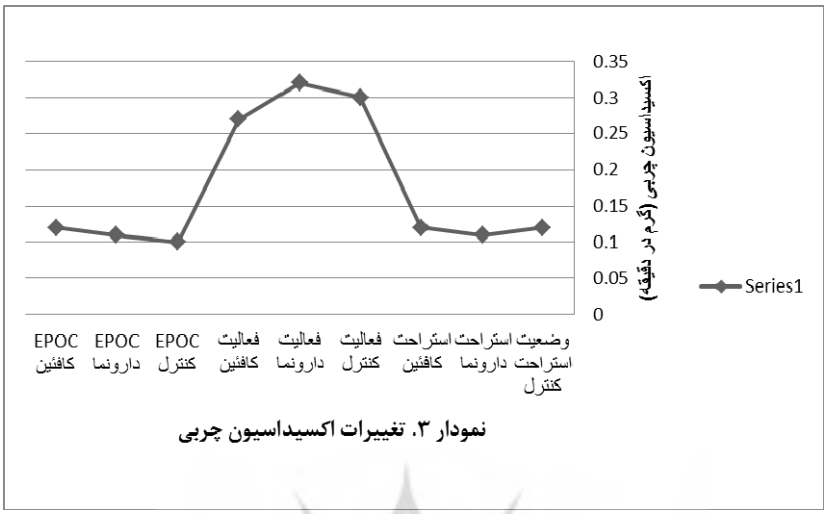
در کل، بین وضعیت EPOC در سه حالت (کنترل، دارونما، کافئین) تفاوت معناداری مشاهده نشد (نمودار ۲ و جدول ۳).



نمودار ۲. تغییرات اکسیداسیون کربوهیدرات

اکسیداسیون چربی

تحلیل داده‌ها نشان داد تغییرات این شاخص معنادار است (F = ۵/۹۸ و P = ۰/۰۰۷). آزمون تعقیبی نشان داد اکسیداسیون چربی در وضعیت پایه در هر سه حالت (کنترل، دارونما، کافئین) تفاوت معناداری با یکدیگر نداشت (P = ۰/۲۹، P= ۰/۶۸، P = ۰/۲۰). اکسیداسیون چربی در وضعیت فعالیت ورزشی در دو حالت (کنترل و دارونما) نسبت به وضعیت پایه به‌طور معناداری افزایش یافت (P= ۰/۰۲ ، P= ۰/۰۰۹)، ولی در حالت کافئین نسبت به وضعیت پایه به‌طور معناداری تغییر نکرد (P= ۰/۱۲). اکسیداسیون چربی در هنگام فعالیت ورزشی در هر سه حالت (کنترل، دارونما، کافئین) تفاوت معناداری با یکدیگر نداشت. اکسیداسیون چربی در وضعیت EPOC نسبت به فعالیت ورزشی در هر سه حالت (کنترل، دارونما، کافئین) به‌طور معناداری کاهش یافت (P= ۰/۰۰۴ ، P= ۰/۰۰۱، P= ۰/۰۳). در کل بین وضعیت EPOC در سه حالت (کنترل، دارونما، کافئین) تفاوت معناداری مشاهده نشد (نمودار ۳ و جدول ۳).



نمودار ۳. تغییرات اکسیداسیون چربی

جدول۳. اثر کافئین بر متابولیسم سوبسترا در طول فعالیت و بعد از آن

شاخص / حالات مختلف	هزینهٔ انرژی (کیلوژول در دقیقه)	اکسیداسیون کربوهیدرات (گرم در دقیقه)	اکسیداسیون چربی (گرم در دقیقه)
وضعیت استراحت (کنترل)	۵/۶۳ ± ۰/۹	۰/۱۲ ± ۰/۱۲	۰/۱۲ ± ۰/۰۴
وضعیت استراحت (دارونما)	۵/۶۶ ± ۰/۹۴	۰/۲۳ ± ۰/۱۴	۰/۱۱ ± ۰/۰۵
وضعیت استراحت (کافئین)	۵/۹۴ ± ۰/۸۰	۰/۲۲± ۰/۱۳	۰/۱۲± ۰/۰۶
فعالیت (کنترل)	۲۰/۶۷ ± ۴/۲۶	۰/۶۷± ۰/۷۰	۰/۳۰ ± ۰/۲۴
فعالیت (دارونما)	۲۰/۵۵ ± ۵/۱۴	۰/۵۳± ۰/۴۸	۰/۳۲ ± ۰/۲۲
فعالیت (کافئین)	۲۰/۷۲± ۶/۳۹	‡•۱/۱۷ ± ۰/۶۵	۰/۲۷ ± ۰/۳۱
EPOC (کنترل)	۵/۷۷ ± ۰/۹۳	۰/۲۲± ۰/۲۲	۰/۱۰ ± ۰/۰۷
EPOC (دارونما)	۶/۳۴ ± ۱/۸۷	۰/۲۶± ۰/۱۶	۰/۱۱ ± ۰/۰۸
EPOC (کافئین)	۶/۲۴ ± ۱/۴۵	۰/۳۴± ۰/۲۲	۰/۱۲ ± ۰/۱۱
مقدارP	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۷

•تفاوت معنادار با حالت کنترل در وضعیت فعالیت ‡تفاوت معنادار با حالت دارونما در وضعیت فعالیت

بحث

زمان رسیدن به واماندگی

تحقیق حاضر نشان داد مصرف مکمل کافئین (۵mg/kg) موجب افزایش معنادار زمان رسیدن به واماندگی می‌شود و آزمودنی‌ها در مقایسه با حالت کنترل و دارونما مدت بیشتری دویدند. در این راستا، هالستون و همکاران (۲۰۰۸)، اثر مصرف کافئین و کربوهیدرات را در ده مرد دوچرخه‌سوار تمرین‌کردهٔ استقامتی در یک پروتکل تمرینی، شامل دوچرخه‌سواری ثابت با شدت ۶۲ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی بررسی کردند (۲۰). نتایج نشان داد مصرف کافئین همراه با گلوکز، زمان آزمایش را در مقایسه با گروه گلوکز و دارونما بالا می‌برد. محققان بیان کردند سازوکاری که موجب بهبود عملکرد شده است کاملا واضح نیست، اما با توجه به تحقیقات گذشته، ترکیب کافئین و کربوهیدرات از طریق کاهش استفاده از ذخایر کربوهیدرات بدن، سبب بهبود عملکرد ورزشی و تأخیر در خستگی می‌شود. آنها همچنین نشان دادند که با مصرف کربوهیدرات در دو گروه گلوکز و گلوکز همراه با کافئین، مصرف کل کربوهیدرات به‌طور معناداری افزایش پیدا می‌کند، اما به‌دلیل مصرف دوز پایین کافئین، تفاوت معناداری بین این دو گروه در استفاده از کربوهیدرات مشاهده نشد. با توجه به اینکه با مصرف کافئین اکسیداسیون کربوهیدرات خوراکی افزایش نیافت، محققان علت بهبود عملکرد را ناشی از سرکوب گیرندهٔ آدنوزین و کاهش درک فشار دانستند. در پژوهش دیگری، رورک و همکاران (۲۰۰۷)، اثر مصرف پنج میلی‌گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن را بر عملکرد استقامتی در پانزده دوندهٔ تمرین‌کرده و تفریحی بررسی کردند. افراد یک ساعت بعد از مصرف کافئین شروع به دویدن مسافت پنج کیلومتر کردند. نتایج نشان داد، مصرف کافئین عملکرد را در دو گروه به‌طور معناداری بهبود بخشید، اما گروه تمرین‌کرده توانستند زمان بهتری را به ثبت برسانند. سازوکار پیشنهادی محققان، افزایش فعالیت سیستم عصبی مرکزی، افزایش پتاسیم خارج‌سلولی و کاهش درک فشار بود. آنان مطرح کردند احتمال کمی وجود دارد که بهبود عملکرد ناشی از افزایش اسیدهای چرب آزاد و کاهش مصرف گلیکوژن باشد (۲۴).

نتایج پژوهش حاضر همراستا با نتایج تحقیقات بریدج و همکاران (۲۰۰۶) است. آنها اثر مصرف پنج میلی‌گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن را بر عملکرد استقامتی در هشت مرد دوندهٔ تمرین‌کرده بررسی کردند. افراد در سه حالت کنترل، دارونما و کافئین، آزمون ۸ کیلومتر دویدن را اجرا کردند. نتایج افزایش معنادار (۱/۲ درصد) عملکرد استقامتی را در دوندگان در اثر مصرف کافئین نشان داد. محققان علت این افزایش را ورزشکار بودن آزمودنی‌ها و برخورداری از تودهٔ عضلانی بیشتر و تأثیر

کافئین بر فیبرهای عضله و نیز برخورداری بیشتر ورزشکاران از تأثیرات مرکزی کافئین در کاهش درک فشار به‌علت آمادگی روانی بیشتر آنان نسبت به‌غیر ورزشکاران و مصرف دوز متوسط کافئین عنوان کردند (۵). احتمال می‌رود در پژوهش حاضر، ورزشکار بودن آزمودنی‌ها و در نتیجه توانایی بیشتر آنان در تحمل شدت بالاتری از تمرین، عامل تأثیرگذار در بهبود زمان رسیدن به واماندگی باشد. همچنین بل و مکلان (۲۰۰۳)، اثر مصرف کافئین را بر عملکرد استقامتی با شدت ۸۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی روی دوچرخهٔ کارسنج در دو نوبت صبح و عصر در ۹ مرد بررسی کردند. نتایج نشان داد مصرف کافئین قبل از اجرای آزمون وامانده‌ساز در نوبت صبح موجب افزایش معنادار زمان واماندگی می‌شود. این افزایش در نوبت عصر نیز مشاهده شد. اگرچه غلظت‌های کافئین مشاهده‌شده در نوبت عصر در گروهی که پنج میلی‌گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن مصرف کرده بودند نسبت به گروه‌هایی که همان پنج میلی‌گرم را در صبح مصرف کردند کمتر بود. محققان دلیل احتمالی کاهش غلظت در نوبت عصر را تغییرات زمانی روی جذب، سوخت‌وساز و دفع کافئین و نیز مصرف وعدهٔ غذایی قبل از آزمون و به‌دنبال آن کاهش در جذب کافئین عنوان کردند. گروهی که در نوبت صبح کافئین مصرف کردند، ناشتا بودند و این موضوع به جذب بهتر کافئین کمک کرده، اما در گروه نوبت عصر، کافئین به‌دلیل احتمال مصرف وعدهٔ غذایی، به‌طور کامل جذب نشده است، بنابراین غلظت کافئین در پلاسما به اوج خود نرسیده است (۴). همچنین نتایج تحقیق حاضر همسو با نتایج تحقیق گریر و همکاران (۲۰۰۰) است. آنها به مقایسهٔ تأثیر کافئین (۶mg/kg) و تئوفیلین (۴/۵mg/kg) بر متابولیسم و عملکرد استقامتی در هشت مرد سالم پرداختند. نتیجه حاکی از آن بود که رسیدن به زمان واماندگی در هر دو گروه کافئین و تئوفیلین در مقایسه با حالت دارونما افزایش داشت. محققان افزایش معنادار عملکرد را بعد از مصرف کافئین در نتیجهٔ کاهش فعالیت گیرندهٔ آدنوزین دانستند (۱۸). به‌نظر می‌رسد کاهش درک فشار و خستگی ناشی از سرکوب گیرندهٔ آدنوزین در فعالیت‌هایی که مدت طولانی‌تری طول می‌کشد دیده شود. بنابراین با توجه به اینکه در تحقیق حاضر نیز فعالیت، مدت زیادی ادامه داشت، این عامل می‌تواند در بهبود معنادار عملکرد مؤثر باشد.

از طرفی نتایج پژوهش حاضر با نتایج تحقیق گراهام و همکاران (۱۹۹۵) ناهمسوست. آنها تأثیر مصرف ۳، ۶ و ۹ میلی‌گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن را بر عملکرد استقامتی و کاتکولامین‌ها در هشت مرد تمرین‌کرده بررسی کردند. نتایج نشان داد گروهی که ۳ و ۶ میلی‌گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن مصرف کردند، افزایش معنادار عملکرد استقامتی را تجربه کردند، اما یافته‌های آنان

بهبود عملکرد را در گروهی که ۹ میلی‌گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن مصرف کردند، نشان نداد. محققان اذعان داشتند مصرف دوز بالا، در گروه اخیر دلیل عدم افزایش معنادار عملکرد است (۱۷). مصرف دوز بالای کافئین (۶ تا ۹ میلی‌گرم) ممکن است با آثار جانبی مانند پرخاشگری، افزایش ضربان قلب و افت عملکرد همراه باشد (۶). بنابراین براساس فرضیهٔ مطرح‌شده توسط گراهام و همکاران (۱۷)، مصرف دوز بهینهٔ کافئین، می‌تواند عامل تأثیرگذار در بهبود معنادار عملکرد در مطالعهٔ ما باشد.

به‌طور کلی، آثار ارگوژنیک کافئین بر عملکرد ورزشی تحت تأثیر چند عامل است. با وجود بررسی‌های انجام‌گرفته در این زمینه محققان به نتایج یکسانی دست نیافتند. از جمله سازوکارهای اولیه، افزایش اکسیداسیون چربی و صرفه‌جویی در کربوهیدرات است (۲۷)، اما برخی محققان بر درستی این سازوکار تردید دارند (۳۰، ۲۲، ۱۷، ۱۵) و تأثیر کافئین را بر عضلات و سیستم عصبی مرکزی سازوکار اصلی می‌دانند (۲۸). تحقیق حاضر نیز نشان داد سازوکار اصلی احتمالی، اثرگذاری کافئین بر سیستم عصبی مرکزی از طریق آنتاگونیسم گیرندهٔ آدنوزین و کاهش در خستگی، همچنین افزایش اکسیداسیون کربوهیدرات است.

متابولیسم سوبسترا

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که مصرف کافئین اکسیداسیون کربوهیدرات را در طول فعالیت افزایش می‌دهد، اما تأثیر معناداری بر سوخت‌وساز اسیدهای چرب ندارد. در همین راستا، الکینا و همکاران (۲۰۱۱) اثر مصرف پنج میلی‌گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن را بر منحنی اسیدهای چرب پلاسما در بیست مرد تمرین‌نکرده بررسی کردند. نتایج حاکی از آن بود که مصرف کافئین اکسیداسیون کربوهیدرات را در پنج دقیقهٔ اول تمرین افزایش می‌دهد. این شرایط، در طول ۱۵ دقیقه از تمرین نسبت به حالت دارونما در سطح بالاتری حفظ شد (۲۲). محققان این افزایش را ناشی از عدم اندازه‌گیری دقیق گازهای تنفسی به‌وسیلهٔ دستگاه تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی عنوان کردند. در مجموع تحت شرایط این تحقیق، کافئین هیچ مزیت متابولیکی مشخصی را ایجاد نکرد و در استفاده از اسیدهای چرب پلاسما نیز تفاوتی به‌وجود نیامد. آنها ورزشکار نبودن آزمودنی‌ها، شدت بالای تمرین و تفاوت‌های فردی در جذب و سوخت‌وساز کافئین را علت کسب نتایج خود بیان کرده و این فرضیه را مطرح کردند که اگر تمرین تا خستگی ارادی ادامه می‌یافت، شاید به دلایل متابولیکی یا غیرمتابولیکی مانند کاهش درک فشار و خستگی، نتایج متفاوتی به‌دست می‌آمد. در تحقیق حاضر، از آزمودنی‌های

ورزشکار و شدت تمرینی متوسط (۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب) تا خستگی ارادی استفاده شد، با این حال احتمال می‌رود تفاوت‌های فردی در پاسخ به کافئین، در نتایج تحقیق مؤثر بوده است.

همچنین هالستون و همکاران (۲۰۰۸)، اثر مصرف کافئین و کربوهیدرات را بر متابولیسم سوبسترا و عملکرد ورزشی در ده مرد دوچرخه‌سوار تمرین‌کردهٔ استقامتی در یک پروتکل تمرینی، شامل دوچرخه‌سواری ثابت با شدت ۶۲ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی بررسی کردند (۲۰). با توجه به تحقیقات گذشته در این زمینه، بیان شده است، ترکیب کافئین و کربوهیدرات از طریق کاهش استفاده از ذخایر کربوهیدرات بدن، موجب بهبود عملکرد ورزشی و تأخیر در خستگی می‌شود. با وجود این، نتایج این تحقیق نشان داد در دو گروه گلوکز و گلوکز همراه با کافئین مصرف کربوهیدرات خوراکی به‌طور معناداری افزایش یافت که به‌دلیل مصرف دوز پایین کافئین، تفاوت معناداری بین این دو گروه در استفاده از کربوهیدرات وجود نداشت. با وجود این، در استفاده از گلیکوژن عضله نیز تفاوت معناداری بین سه گروه مشاهد نشد. محققان علت تفاوت نتایج به‌دست‌آمده با تحقیقات پیشین را تفاوت‌های فردی در پاسخ به کافئین و مصرف دوز پایین کافئین دانستند و اظهار داشتند بهبود عملکرد ناشی از سرکوب گیرندهٔ آدنوزین و کاهش درک فشار است.

همان‌طورکه پیشتر اشاره شد، اگرچه برخی پژوهش‌ها، سازوکار اصلی کافئین را افزایش اکسیداسیون چربی و صرفه‌جویی در کربوهیدرات می‌دانند، با وجود این، بعد از مطالعات اسیج و همکاران (۱۹۸۰)(۱۱) و اریکسون (۱۹۸۷)(۱۰)، هیچ مطالعه‌ای به‌طور مستقیم‌تری گلیسرید درون‌عضلانی را اندازه‌گیری نکرده است. همچنین تعداد اندکی از محققان از ایزوتوپ‌های نشاندار یا روش بیوپسی برای بررسی تأثیر کافئین بر متابولیسم سوبسترا استفاده کرده‌اند (۱۴)، بنابراین اظهار نظر قطعی در این زمینه دشوار است. در همین راستا، گراهام و همکاران (۲۰۰۰)، تأثیر مصرف ۶ میلی‌گرم کافئین را بر سوخت‌وساز چربی و کربوهیدرات در ده مرد تمرین‌نکرده بررسی کردند. نمونهٔ خون شریانی و بیوپسی از عضلهٔ پهن جانبی گرفته شد. نتیجه حاکی از آن بود که کافئین موجب تحریک سیستم عصبی سمپاتیک شده، اما در سوخت‌وساز چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها در این عضله تغییری به‌وجود نیاورده است (۱۵). محققان اظهار داشتند شاید سایر عضلاتی که در این پژوهش بررسی نشدند، در چرخهٔ اسیدهای چرب، گلوکز و لاکتات درگیر بودند. همچنین ریوس و همکاران (۲۰۰۱) تأثیر مصرف شش میلی‌گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن را بر متابولیسم سوبسترا در دوازده آزمودنی مرد و زن تمرین‌کردهٔ استقامتی بررسی کردند. افراد در دو موقعیت کافئین و دارونما،

بعد از تزریق گلوکز نشاندار، با شدت ۶۵ درصد VO2maxروی دوچرخهٔ کارسنج به مدت یک ساعت رکاب زدند. نتایج نشان داد که مصرف کافئین اثر معناداری بر سوخت‌وساز چربی و کربوهیدرات ندارد (۲۵). در مقابل اسپریت و همکاران (۱۹۹۲)، تحقیقی در زمینهٔ تأثیر مصرف ۹ میلی‌گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن بر متابولیسم سوبسترا در هشت مرد سالم انجام دادند. نتایج نشان داد که آزمودنی‌ها در گروه کافئین نسبت به دارونما مدت بیشتری رکاب زدند و کافئین با افزایش فراخوانی تری آسیل گلیسرول درون‌عضلانی و اسیدهای چرب آزاد بیرون عضله، مانع از استفاده از کربوهیدرات در زمان استراحت و در طول تمرینات می‌شود (۲۷). محققان علت افزایش اکسیداسیون چربی‌ها را به مهار آنزیم فسفودی استراز و افزایش در cAMP نسبت دادند که با افزایش سیترات و نسبت Acetyl-CoA / CoA-SH همراه بود. تحقیق حاضر از نظر نوع آزمودنی‌ها با تحقیق اسپریت و همکاران (۱۹۹۲)(۲۷) متفاوت است. با توجه به اینکه زنان کافئین دفعی بیشتری نسبت به مردان دارند، احتمال می‌رود از مزایای ارگوژنیکی آن کمتر بهره‌مند شوند.

در مجموع، به‌نظر می‌رسد در تحقیق حاضر، انجام ندادن بیوپسی عضلانی و اندازه‌گیری شاخص‌های خونی مرتبط با متابولیسم سوبسترا، مانع از آن شده است که تصویر واضحی از موضوع به‌دست آید و موجب شده تا توضیح دربارهٔ تفاوت در نتایج دشوار باشد. در تحقیقات آینده باید به این موضوع توجه شود و برای نتیجه‌گیری کامل‌تر، محدودیت‌های تحقیق حاضر پوشش داده شود.

از دیگر نتایج قابل بحث، متابولیسم سوبسترا و هزینهٔ انرژی در وضعیت EPOC است. نتایج نشان داد با مصرف کافئین تفاوت معناداری در اکسیداسیون کربوهیدرات، چربی و هزینهٔ انرژی در وضعیت EPOC مشاهده نشد. این نتیجه با نتایج تحقیقات آستورینو و همکاران (۲۰۱۱)(۳) مغایر است. آنها در تحقیقی به بررسی تأثیر مصرف شش میلی‌گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن بر اکسیژن مصرفی اضافی بعد از تمرین در مردان تمرین‌کردهٔ مقاومتی پرداختند. محققان نتیجه گرفتند EPOC بعد از تمرینات مقاومتی با شدت ۸۰-۷۰ درصد 1RM تا واماندگی افزایش می‌یابد. محققان علت افزایش EPOC را ناشی از اجرای تمرین با شدت بالا تا واماندگی دانستند که سبب تخلیهٔ منابع گلیکوژن، فسفوکراتین، پروتئین و تجمع لاکتات شده است، بنابراین بدن برای جبران منابع ازدست‌رفته و رفع لاکتات، به مصرف اکسیژن بیشتری نیاز دارد. به‌علاوه، افزایش بسیج چربی‌ها نیاز بدن به اکسیژن را افزایش می‌دهد. همچنین نتایج پژوهش حاضر با نتایج تحقیقات دانلی و همکاران (۱۹۹۲)(۹) مغایر است. آنها تأثیر مصرف ۵ و ۱۰ میلی‌گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن را برEPOC در شش

زن تمرین‌نکرده بررسی کردند. نتایج آنها افزایش اکسیژن مصرفی و بسیج چربی، همچنین کاهش RER را در طول ۹۰ دقیقه تمرین زیر بیشینه و یک ساعت بازیافت نشان داد. محققان از فرضیهٔ افزایش سوخت‌وساز چربی حمایت کردند. آنها اظهار کردند افزایش اکسیژن مصرفی و اسیدهای چرب آزاد موجب صرفه‌جویی در مصرف کربوهیدرات و افزایش زمان رسیدن به واماندگی می‌شود. در مقایسهٔ این پژوهش با دو تحقیق اخیر به‌نظر می‌رسد، افزایش اتکا به چربی‌ها و صرفه‌جویی در کربوهیدرات‌ها سبب افزایش EPOC شده است، درصورتی‌که در این پژوهش مصرف کافئین تأثیری بر سوخت‌وساز چربی‌ها نداشت.

نتیجه‌گیری

براساس بررسی‌های انجام‌گرفته، بیشتر نتایج به‌دست‌آمده از تحقیقات، از تأثیر نیروزایی کافئین بر تمرینات هوازی حمایت می‌کنند، بنابراین مصرف کافئین برای بهبود عملکرد تمرینات استقامتی توصیه می‌شود، با وجود این سازوکار اصلی اثرگذار همچنان مورد تردید است. با توجه به نتایج پژوهش حاضر به‌نظر می‌رسد سازوکار اثرگذار، افزایش اکسیداسیون کربوهیدرات و سرکوب گیرندهٔ آدنوزین از طریق کاهش خستگی و درک فشار باشد.

منابع و مآخذ

۱. ابراهیمی، محسن، رحمانی‌نیا، فرهاد، دمیرچی، ارسلان، میرزایی، بهمن. (۱۳۸۷). "اثر کافئین بر پاسخ‌های متابولیکی و قلبی - عروقی به فعالیت زیر بیشینه در مردان چاق و لاغر". فصلنامهٔ المپیک. شمارهٔ ۴، پیاپی ۴۴، ص ۲۷-۱۷.

2.Armstrong, L.E. (2002). “Caffeine body fluid-electrolyte balance and exercise performance”. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism. Vol. 12, No. 2, pp: 189-206.

3. Astorino, T, A., Martin, B. J., Wong, K., Schachtsiek, L. (2011). “Effect of acute caffeine ingestion on EPOC after intense resistance training”. J Sport med phys fitness., Vol. 51, No. 1, pp: 11-7.

4.Bell, D.G., Mclellan, T. M. (2003). “Effect of repeated caffeine ingestion on repeated exhaustive exercise endurance”. Medicine and Science in Sports and Exercise., Vol. 35, No. 8, pp: 1348-1354.

5.Bridge, C. A., Jones, M. A. (2006). "The effect of caffeine ingestion on 8 km run performance in a field setting". J Sports Sci., Vol. 24, No. 4, pp: 433- 439.

6.Burke, L. (2008). "Caffeine and sports performance". Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism., Vol. 33, No. 6, pp: 1319-1334.

7.BDavis, G. K., Green, M. (2009). "Caffeine and anaerobic performance". Sports Med., Vol. 39, No. 10, pp: 813-832.

8.DeSisso, T. D., Gerst, W., Patrick, D. (2005). "Effect of caffeine on metabolic and cardiovascular responses to submaximal exercise: boys versus men". Med Sci Sports Exerc., Vol. 37, No. 5, pp: 465- 473.

9.Donelly, K., McNaughton, L. (1992). "The effect of two levels of caffeine ingestion on excess postexercise oxygen consumption in untrained women." Eur J Appl Physiol., Vol. 65, pp: 459-63.

10.Drickson, M. A., Schwarzkopf, R.J. (1987). "Effect of caffeine, fructose and glucose ingestion on muscle glycogen utilization during exercise". Medicine and Science in Sports and Exercise., Vol. 19, No. 6, pp: 579-583.

11.Essig, D., Costill, D. L., Van Handel, P.J. (1980). "Effect of caffeine ingestion on utilization of muscle glycogen and lipid during leg ergometer cycling". International Journal of Sports Medicine., Vol. 1, No. 2, pp: 86-90.

12.Ered, B. (1998). "Utilization of lipids during exercise in human subjects: metabolic and dietary constraints". Br J Nut., Vol. 79, No. 2, pp: 117-128.

13.Frayn, K. N. (1983). "Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange". J Appl Physiol.,Vol. 55, N0. 2, pp:628-634.

14.Fraham, T. E., Battram, D. S., Dela, F., Ahmed, E., Thong, F. (2008). "Does caffeine alter muscle carbohydrate and fat metabolism during". Applid Physiology Nutrition Metabolism., Vol. 33, No. 4, pp: 1311-1318.

15.Graham, T. E., Helge, J. W., MacLean, D. A., Kiens, B., Richter, E. A. (2000). "Caffeine ingestion does not alter carbohydrate or fat metabolism in human skeletal muscle during exercise". Journal of Physiology., Vol. 529, No. 3, pp: 837-847.

16.Graham, T. E., Hibbert, E., Sathasivam, P. (1998). “Metabolic and exercise endurance effects of coffee and caffeine ingestion”. J Appl Physiol., Vol. 85, No. 3, pp: 883–889.

17.Graham, T. E., Spriet, L. L. (1995). “Metabolic, catecholamine and exercise performance responses to various doses of caffeine”. J Appl Physiol., Vol. 78, No. 3, pp: 867-874.

18.Greer, F., Friars, D., Graham, T. E. (2000). “Comparison of caffeine and theophylline ingestion: exercise metabolism and endurance”. J Appl Physiol., Vol. 89, No. 5, pp: 1837–1844.

19.Germann, J., Engles, A. (1999). “Influence of caffeine on metabolic and cardiovascular functions during sustained light intensity cycling and at rest”. Int J sport nutrition., Vol. 9, No. 4, pp: 361-370.

20.Hulston, C. H., Jeukendrup, A. E. (2008). “Substrate metabolism and exercise performance with caffeine and carbohydrate intake”. Medicine & Science in Sport & Exercise., Vol. 40, No. 12, pp: 2096-2104

21.Hlcina, G., Maynar, M., Munoz, M., Timon, R., Caballero, M. J., Maynar, J. (2011). “Plasma total fatty acid responses to exercise following caffeine ingestion”. European Journal of Sport Science., Vol. 11, No. 2, pp: 111-118.

22.Olcina, G. J., Timon, R., Munoz, D., Caballero, M. J., Maynar, J. I., Cordova, A., et al. (2006). “Effect of caffeine on oxidative stress during maximum incremental exercise”. Journal of sport Science and Medicine., Vol. 5, pp: 621-628.

23.ORamos, S., Aguiar, P., Barreto, A., Rodriguse, A., Pereira, H., Dantas, E., Neto, F.(2006). “Effects of caffeine (3mg) on maximal oxygen consumption, plasmatic lactate and reaction time after maximum effort”. International Journal of Sport Science., Vol. 2, No. 5, pp: 42-52.

24.Rourke, M. P., Brien, B. J., Knez, W. L. (2008). “Caffeine has a small effect on 5-km running performance of well-trained and recreational runners”. J Science and medicine in Sport., Vol. 11, No. 2, pp: 231- 233.

25.Ryus, C. J. (2001). “Caffeine as a lipolytic food component increases endurance performance in rates and athletes”. J Nutr Sci Vitaminal., Vol. 47, No. 2, pp: 139-146.

26.Rinclair, C. J., Geiger, J. D. (2000). "Caffeine use in sports: A pharmacological review". Journal Medicine and Physical Fitness., Vol. 40, No. 1, pp: 71-79.

27.Spriet, L. L., Maclean, D. A., Dyck, D. J., Hultman, E. (1992). "Caffeine ingestion and muscle metabolism during prolonged exercise in humans". J Appl Physiol., Vol. 262, No. 25, pp: 891 -898.

28.Sarnopolsky, A. M. (2008). "Effect of caffeine on the neuromuscular system potential as an ergogenic aid". J Appl Physiol Nut., Vol. 33, No. 6, pp: 1284-1289.

29.Turley, K. R. (2006). "Effect of caffeine on physiological responses to exercise in young boys and girls". Med Sci Sports Exerc., Vol. 38, No. 3, pp: 520-526.

30.Tan soeren, M. H., Graham, T. E. (1998). "Effect of caffeine on metabolism, exercise endurance, and catecholamine responses after withdrawal". J Appl Physiol., Vol. 85, No. 4, pp: 1493–1501.

31.Venables, M. C., Achten, J., Jeukendrup, A. E. (2005). "Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study". J Appl Physiol., Vol. 98, No. 1, pp: 160-167.

32.Volp, A. B., Bar, O. (2003). "Energy cost of walking in boys who differ in adiposity but are matched for body mass". Med Sci Sport Exerc., Vol. 35, No. 4, pp: 669-74.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی