

تأثیر حاد مصرف مکمل کافئین و ال کارنیتین بر هزینه سوخت و سازی و اکسایش سوبسترا هنگام و پس از فعالیت تناوبی شدید در دانشجویان پسر فعال

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۸ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۰۲

خلاصه

مقدمه

با توجه به نقش فعالیت تناوبی سرعتی و مصرف مکمل‌های حاوی ترکیبات فعال زیستی در بهبود سوخت و ساز، هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر حاد مصرف مکمل‌های کافئین، ال کارنیتین، کافئین-ال کارنیتین (ترکیبی) بر روی هزینه سوخت و سازی و اکسایش سوبسترا هنگام و پس از فعالیت تناوبی سرعتی بود.

روش کار: ۱۰ دانشجوی پسر فعال در طرح متقاطع دو سوکور تصادفی در چهار حالت مصرف: - دارونما (۳ میلی گرم/کیلوگرم گلوکز و فروکتوز)؛ - کافئین (۶ میلی گرم/کیلوگرم)؛ - ال کارنیتین (۱۳ میلی گرم/کیلوگرم)؛ و - ترکیبی (به ترتیب ۶ و ۱۳ میلی گرم/کیلوگرم) قرار گرفتند. در ۴ حالت، آزمودنی‌ها یک ساعت پس از مصرف مکمل به فعالیت ورزشی (چهار آزمون وینگیت ۳۰ ثانیه (بار کاری ۷۵ گرم/کیلوگرم) با استراحت ۵ دقیقه) پرداختند. گازهای تنفسی آزمودنی‌ها قبل، هنگام و ۳۰ دقیقه بعد از فعالیت، جهت محاسبه هزینه سوخت و سازی (هزینه انرژی، اکسیژن مصرفی) و اکسایش سوبسترا (نسبت تبادل تنفسی (RER)، میزان مصرف چربی) تجزیه و تحلیل شد. تحلیل آماری با آزمون آنوای یک طرفه انجام شد.

نتایج: براساس نتایج، اختلاف میانگین پس آزمون-پیش آزمون فقط در RER ($P=0/048$)، میزان مصرف چربی ($P=0/036$) و ضربان قلب ($P=0/04$) تفاوت معنی داری را نشان داد. بعلاوه، مصرف کافئین در مقایسه با ال-کارنیتین ($P=0/015$) و دارونما ($P=0/042$) با کاهش معنی دار RER در دوره ریکاوری همراه بود. همچنین، مصرف کافئین در مقایسه با ال-کارنیتین ($P=0/008$)، مکمل ترکیبی ($P=0/027$) و دارونما ($P=0/032$) باعث افزایش معنی دار مصرف چربی در دوره ریکاوری شد. بنابراین استفاده از این دوز مصرفی کافئین همراه با فعالیت تناوبی سرعتی به افرادی توصیه می‌شود که به دنبال کاهش یا مدیریت وزن می‌باشند.

کلمات کلیدی: مکمل کافئین، مکمل ال-کارنیتین، میزان مصرف چربی، نسبت تبادل تنفسی، هزینه انرژی

پی نوشت: این مطالعه فاقد تضاد منافع می‌باشد.

پوریا صوفی نژاد^۱

محسن محمدنیا احمدی^{۲*}

محمد اسماعیل افضل پور^۳

سیده فاطمه رضائیان^۴

^۱ کارشناس ارشد علوم ورزشی، دانشکده علوم ورزشی،

دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

^۲ استادیار فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه

بیرجند، بیرجند، ایران (نویسنده مسئول)

^۳ استادیار فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه

بیرجند، بیرجند، ایران

^۴ دانشجوی کارشناسی ارشد علوم ورزشی، دانشکده علوم

ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

Email:

m.m.ahmadi2005@birjand.ac.ir

مقدمه

در سال‌های اخیر گسترش چاقی در سنین پایین از چالش‌های اساسی سلامت و تندرستی در جوامع مختلف محسوب می‌شود، به گونه‌ای که آمار منتشر شده از سوی سازمان بهداشت جهانی حاکی افزایش ۷۰ درصدی اضافه وزن و چاقی در بین جوانان می‌باشد. سازمان بهداشت جهانی بیش از بیست سال پیش اپیدمی جهانی چاقی را اعلام کرد. با این حال، هرگز یک اقدام هماهنگ برای رسیدگی به این مشکل در سطح جهانی وجود نداشته است (۱). بر این اساس، ارائه راهکارهایی که به مدیریت وزن این قشر از افراد جامعه کمک نماید، می‌بایست در زمره اولویت‌های اصلی پژوهشگران حوزه‌های مختلف قرار گیرد. از جمله راهکارهای مورد توجه در حیطه فیزیولوژی ورزشی برای کاهش یا مدیریت وزن، ارائه تکنیک‌های ورزشی جدید و بکارگیری مکمل‌های خوراکی مختلف می‌باشد. یکی از فعالیت‌های ورزشی که اخیراً مورد توجه قرار گرفته، اجرای فعالیت تناوبی شدید (HIIE)^۱ مشتمل بر تناوب‌های فعالیت ورزشی با شدت بسیار زیاد (بی‌هوایی) و تناوب‌های استراحتی فعال با شدت بسیار کم (هوایی) یا استراحت غیرفعال می‌باشد. اجرای چنین فعالیتی کارایی عضلات را برای اکسایش چربی‌ها افزایش داده و می‌تواند باعث کاهش توده‌ی چربی زیرپوستی و شکمی افراد شود (۲، ۳). در فعالیت‌های تناوبی، تهویه بیشتر در دوره بازگشت به حالت اولیه، سبب بهبود بازسازی اکسیژن تنفسی و در نهایت افزایش متابولیسم چربی‌ها در مقایسه با تمرینات تداومی می‌شود. (۴) در همین راستا وایت^۲ و همکاران (۲۰۱۳) (۵) بیان کردند که یک جلسه فعالیت تناوبی شدید (۴ مرحله فعالیت ۳۰ ثانیه‌ای دویدن با شدت حداکثر و ۴ دقیقه استراحت فعال) سبب بهبود حساسیت به انسولین و اکسایش چربی‌ها در مردان غیرفعال و دارای اضافه وزن شد. همچنین براکن^۳ و همکاران

(۲۰۰۹) (۶) در بررسی خود که مشتمل بر ۱۰ مرحله فعالیت ۶ ثانیه‌ای پدال زدن با حداکثر سرعت بر روی چرخ کارسنج با زمان ۳۰ ثانیه استراحت بود، نتیجه گرفتند اپی‌نفرین که موجب رهاسازی چربی‌های زیرپوستی و ذخایر چربی درون عضلانی می‌شود، افزایش پیدا می‌کند. به علاوه، برخی از مطالعات گزارش کرده‌اند که تمایل افراد برای اجرای تمرین با حجم کم و شدت زیاد، بیشتر از برنامه تمرینی با حجم زیاد و شدت کم است و حتی درک لذت و اثر بخشی بیشتری نیز دارد (۷).

علاوه بر فعالیت ورزشی، بررسی کارایی مکمل‌های مختلف در مدیریت و کنترل چاقی و اضافه وزن نیز مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. مبنای اصلی عملکرد مکمل‌های ورزشی عبارت از افزایش در میزان سوخت و ساز و اکسایش چربی می‌باشد. مکمل‌های غذایی و یا ترکیبات پیشنهاد شده با افزایش هزینه انرژی، عمدتاً برای کمک به کاهش توده‌ی چربی بدن، بهبود عملکرد ورزشی و بهبود ترکیب کلی بدن مورد استفاده قرار می‌گیرند. اکثر مکمل‌های غذایی حاوی ترکیبات گوناگون از ترکیبات مختلف زیستی فعال هستند که برای فعالیت متابولیکی و انرژی مصرفی مفید هستند (۸). از این ترکیبات فعال زیستی، می‌توان به مکمل کافئین و ال‌کارنیتین اشاره کرد. کافئین (۱،۳،۷-تری-متیل-گزانتین) شایع‌ترین و پرمصرف‌ترین داروی محرک در میان عموم مردم بوده و به صورت طبیعی از مواد روزمره مانند برگ چای، کاکائو، دانه قهوه و شکلات مشتق می‌شود. کافئین به عنوان یک عامل نیروزا با تأثیر بر آزادسازی کاتکولامین‌ها در فعالیت‌های ورزشی و افزایش ضربان قلب، با غلظت‌های بالا (۹-۲ میلی‌گرم در هر کیلوگرم وزن بدن) به منظور بهبود اجرای ورزشکاران توصیه می‌شود (۹). به علاوه این ماده به فراوانی در سراسر جهان به منظور چربی سوزی و کاهش وزن مصرف شده و در میان افراد

³ Bracken

1 High-Intensity Intermittent Exercise (HIIE)

²Whyte

گلیکوزن عضلانی و افزایش ظرفیت استقامتی در موش‌ها را به همراه دارد. بطور کلی، تاثیر مصرف حاد مکمل‌های کافئین و ال-کارنیتین به صورت جداگانه بر هزینه انرژی و اکسایش سوبسترا در فعالیت ورزشی شدید مورد بررسی قرار گرفته است. با این حال، از آنجا که اثر مصرف حاد ترکیب این مکمل‌ها بر هزینه سوخت و سازی و اکسایش سوبسترا در فعالیت تناوبی شدید مورد بررسی قرار نگرفته است، مطالعه حاضر در نظر دارد اثر مصرف حاد مکمل کافئین، ال-کارنیتین و کافئین-ال-کارنیتین را بر هزینه سوخت و سازی و اکسایش سوبسترا هنگام و پس از یک نوبت فعالیت تناوبی شدید در مردان جوان بررسی نماید.

روش کار آزمودنی‌ها

از آنجا که در مطالعات انسانی امکان کنترل تمامی عوامل مداخله‌گر وجود نداشت، تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی و به صورت دوسوکور و طرح متقاطع بود. جامعه آماری تحقیق حاضر را کلیه دانشجویان پسر کارشناسی دانشکده علوم ورزشی دانشگاه بیرجند تشکیل دادند. از بین داوطلبین واجد شرایط ۱۰ پسر فعال، به صورت هدفمند برای شرکت در این پژوهش انتخاب شدند. آزمودنی‌های این پژوهش، فعال، سالم با شاخص توده بدنی نرمال (۲۴/۹ تا ۱۸/۵) و دامنه سنی ۱۸ تا ۲۵ سال بودند. انجام فعالیت بدنی منظم (پرداختن به ۳-۵ ساعت در هفته فعالیت ورزشی هوازی، مقاومتی و بی‌هوازی)، عدم مصرف دخانیات، عدم ابتلا به بیماری، عدم مصرف دارو یا مکملی که بر روند پژوهش تاثیر گذار باشد، از جمله شرایطی بود که بر اساس آن افراد برای شرکت در پژوهش واجد شرایط می‌شدند. علاوه بر این آزمودنی‌ها از میان دانشجویان ساکن خوابگاه انتخاب شد که با توجه به استفاده از غذاخوری دانشگاه، رژیم غذایی یکسانی را دنبال می‌کردند. وضعیت سلامتی افراد از طریق پرسشنامه سابقه پزشکی (PAR-Q) و سطح فعالیت آنها از طریق پرسشنامه آمادگی مورد

مختلف و با عادات مصرفی متفاوت، تاثیرات گوناگونی دارد (۹). مصرف این ماده نیز همچون فعالیت بدنی، می‌تواند بر بافت‌های مختلفی چون سیستم عصبی، سیستم هورمونی، بافت چربی، عضلانی، قلبی عروقی، تاثیرگذار باشد (۱۰) پژوهشگران بر این باورند که مصرف مکمل کافئین موجب افزایش مصرف اسیدهای چرب آزاد و کاهش تجزیه گلیکوزن عضلات و لاکتات خون شده و با به تاخیر انداختن آستانه خستگی موجب ماندگاری ورزشکار در فعالیت‌های بدنی سنگین می‌شود (۱۱). از سوی دیگر، انتقال اسیدهای چرب آزاد به درون غشای میتوکندری از مراحل کلیدی اکسایش چربی‌ها محسوب می‌گردد. از این رو، یکی دیگر از روش‌های افزایش هزینه انرژی یا اکسایش چربی‌ها، تلاش در جهت انتقال بیشتر اسیدهای چرب آزاد به درون ماتریکس میتوکندریایی می‌باشد (۱۲). کارنیتین یا ال-کارنیتین از اسید آمینه لیزین و متیونین ساخته شده و موجب آزاد سازی انرژی از سلول‌های چربی می‌گردد. این ماده موجب انتقال اسیدهای چرب آزاد به داخل میتوکندری می‌شود (۱۰). کارنیتین در بافت عضلانی و کبدی ساخته شده و در برخی مواد غذایی مانند گوشت طیور، ماهی و برخی از فراورده‌های لبنی وجود دارد. کارنیتین یا ال-کارنیتین با آزاد سازی انرژی از سلول‌های چربی و افزایش اکسایش چربی منجر به از دست دادن تدریجی ذخایر چربی و کاهش وزن می‌شود. اعتقاد بر این است که مکمل کارنیتین باعث افزایش غلظت کارنتین عضلانی می‌گردد. کارنتین محصول نهایی سوخت و ساز بدن انسان است و تنها از طریق دفع ادرار و مدفوع از بدن خارج می‌شود (۱۳). در این رابطه، لیارونگرایوب^۱ و همکاران (۲۰۱۷) (۱۴)، نشان دادند که مصرف حاد مکمل ال-کارنیتین بر عملکرد ورزشی و متابولیسم اکسیژن و نیمرخ لیبیدی ورزشکاران نسبت به غیر ورزشکاران تاثیر بیشتری دارد. کیم^۲ و همکاران (۲۰۱۶) (۱۰) نیز گزارش کردند که استفاده از ال-کارنیتین باعث اکسایش چربی و تکامل میتوکندری شده و در هنگام تمرین طولانی مدت، ذخیره

² kim

¹Leelarungrayub

در دقیقه) و نیز اکسایش سوپسترا (مشمول بر میزان اکسایش چربی (گرم/ساعت) و نسبت تبادل تنفسی (RER)^۱ از طریق نرم افزار مرتبط، محاسبه شد.

برنامه فعالیت تناوبی شدید

در مطالعه حاضر (پس از ناشتایی ۱۲ ساعته شبانه) مشتمل بر اجرای ۴ آزمون وینگیت ۳۰ ثانیه‌ای (بر روی چرخ وینگیت مدل ۹۴Ea با بار کاری ۷۵ گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن) بود که با فاصله استراحتی ۵ دقیقه دنبال می‌شد (۱۵). قبل از انجام برنامه HIIE، آزمودنی‌ها به مدت ۵ دقیقه با شدت کم در حجم بار ثابت ۷۵ وات بر روی چرخ کارسنج (مونارک مدل ۸۳۹E، ساخت کشور سوئد) گرم کردند. پس از آخرین آزمون وینگیت، آزمودنی‌ها با شدت کم به مدت ۳ دقیقه به سرد کردن پرداختند، کل مدت زمان برنامه فعالیت تناوبی شدید (۱۵)، ۳۰ دقیقه بود (شکل ۱).

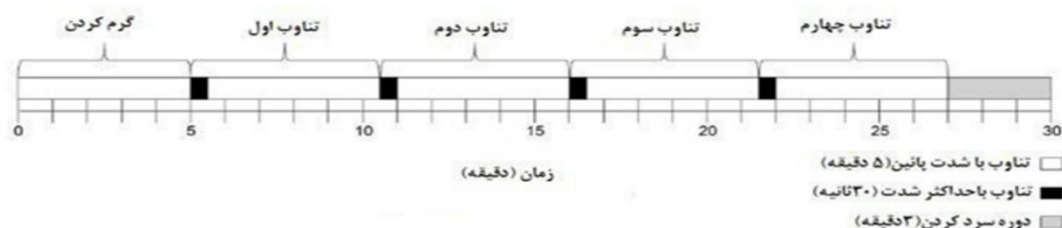
تجزیه و تحلیل آماری

پس از بررسی طبیعی بودن داده‌ها توسط آزمون شاپیرو ویلک و تجانس واریانس داده‌ها توسط آزمون لون، از روش تحلیل واریانس یکطرفه (آنوا) برای مقایسه اختلاف میانگین متغیرها در مراحل قبل و بعد و نیز میانگین متغیرها در هنگام فعالیت تناوبی شدید استفاده شد. در صورت وجود تفاوت بین گروهی، آزمون تعقیبی LSD مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS و EXCEL انجام داده شد و سطح معناداری $P < 0.05$ در نظر گرفته شد.

ارزیابی قرار گرفت و همچنین همه آزمودنی‌ها رضایت نامه کتبی مبتنی بر شرکت در طرح تحقیق را کامل نمودند.

برنامه مصرف مکمل و سنجش گازهای تنفسی

آزمودنی‌ها در ۴ جلسه مجزا (به فاصله یک هفته) به طور تصادفی یکی از ۴ حالت (حالت اول: مکمل کافئین، ۶ میلی-گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن؛ حالت دوم: مکمل ال-کارنیتین، ۱۳ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن؛ حالت سوم: ترکیب مکمل کافئین-ال-کارنیتین (ترکیبی)، ۶ میلی گرم کافئین و ۱۳ میلی گرم ال کارنیتین به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن؛ حالت چهارم: دارونما، ۳ میلی گرم گلوکز و ۳ میلی گرم فروکتوز به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) را یک ساعت قبل از انجام فعالیت تناوبی شدید، تجربه کردند. پس از خریداری مکمل‌های کافئین و ال-کارنیتین (بصورت پودر سفید رنگ) از شرکت مرک (ساخت کشور آلمان)، در داخل کپسول‌های ژلاتینی ۶۰۰ میلی گرمی با استفاده از ترازوی دیجیتال و حساسیت ۰/۰۰۱ قرار داده شدند. کپسول‌های دارونما نیز از همان جنس، شکل و رنگ با پودر گلوکز و فروکتوز آماده شدند. قبل از شروع فعالیت (به مدت ۵ دقیقه)، هنگام فعالیت تناوبی شدید و ۳۰ دقیقه بعد از پایان فعالیت (به مدت ۵ دقیقه)، حجم اکسیژن مصرفی (VO_2) و دی‌اکسید کربن تولیدی (VCO_2) آزمودنی‌ها به شیوه نفس به نفس بر حسب لیتر در دقیقه توسط دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی (کورتکس مدل Metamax₃B، ساخت کشور آلمان) سنجیده شد و هزینه سوخت و سازی (مشمول بر هزینه انرژی (کیلوکالری/ساعت) و اکسیژن مصرفی (میلی لیتر/کیلوگرم



¹ Respiratory Exchange Ratio (RER)

شکل ۱: طرحواره ای از برنامه فعالیت تناوبی شدید

هزینه انرژی، اکسایش سوپسترا و ضربان قلب دوره ریکاوری به ترتیب در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است. در ادامه اطلاعات استنباطی گروه‌های مداخله به تفکیک دوره ریکاوری (اختلاف بین میانگین متغیرها در مرحله بعد و قبل از فعالیت) و هنگام فعالیت تناوبی شدید ارائه شده است.

نتایج

اطلاعات جمعیت شناختی آزمودنی‌ها و نیز اطلاعات توصیفی مربوط به هزینه سوخت و سازی (اکسیژن مصرفی، هزینه انرژی انرژی)، اکسایش سوپسترا (نسبت تبادل تنفسی (RER)، مصرف چربی) و ضربان قلب اثر مصرف مکمل بر

جدول ۱. آماره های توصیفی ویژگی های دموگرافیک آزمودنی‌ها

سن (سال)	قد (سانتی متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدنی (کیلوگرم/متر مربع)
۲۲/۶۶±۱/۶۵	۱۷۳±۶/۷۸	۶۲/۷۷±۹/۰۵	۲۱±۲/۵۰

میانگین±انحراف استاندارد

در حالت‌های ۴ گانه تفاوت معنی‌داری را نشان داد (P=۰/۰۴۶). براساس آزمون تعقیبی، مصرف‌های کافئین و ترکیبی در مقایسه با ال-کارنیتین (به ترتیب P=۰/۰۴۷ و P=۰/۰۴۲) و دارونما (به ترتیب P=۰/۰۴۸ و P=۰/۰۴۱) با افزایش بیشتر ضربان قلب در هنگام فعالیت تناوبی شدید همراه بود.

اثر مصرف مکمل بر هزینه سوخت و سازی، اکسایش سوپسترا و ضربان قلب دوره فعالیت تناوبی شدید
براساس نتایج، در هیچ یک از حالت‌های ۴ گانه تفاوت معنی‌داری بین اکسیژن مصرفی (P=۰/۱۸)؛ هزینه انرژی (P=۰/۲۶)؛ RER (P=۰/۸۳)؛ میزان مصرف چربی (P=۰/۷۴) در هنگام فعالیت تناوبی شدید ۳۰ دقیقه‌ای وجود نداشت. با این حال، ضربان قلب هنگام فعالیت تناوبی شدید

جدول ۲. اطلاعات توصیفی متغیرهای مورد بررسی در حالت‌های ۴ گانه

گروه ها متغیر	کافئین	ال-کارنیتین	ترکیبی	دارونما
قبل	۶±۰/۴۷	۵/۵±۰/۷۰	۶/۵±۱/۲۶	۵/۳۳±۱/۰۳
اکسیژن مصرفی (ml/kg.min) هنگام	۱۶/۷±۰/۷۰	۱۵/۵±۲/۲۲	۱۷/۱۰±۱/۲۸	۱۵/۸۳±۱/۴۷
بعد	۶/۴±۰/۸۴	۵/۷±۰/۶۷	۶/۴۰±۰/۶۹	۶±۱/۲۶
قبل	۰/۸۷±۰/۰۵	۰/۸۴±۰/۰۵	۰/۸۵±۰/۰۸	۰/۸۳±۰/۰۲
نسبت تبادل تنفسی (RER) هنگام	۱/۰۳±۰/۰۳	۱/۰۲±۰/۰۳	۱/۰۲±۰/۰۴	۱/۰۲±۰/۰۴
بعد	۰/۷۱±۰/۰۵ [†]	۰/۷۶±۰/۰۶	۰/۷۳±۰/۰۴	۰/۷۴±۰/۰۵
قبل	۱۱۲/۱±۱۷/۷۱	۹۷/۷±۱۹/۸۸	۱۲۳/۴۰±۲۹/۲۰	۹۷/۳۳±۲۲/۰۸
هزینه انرژی (کیلوکالری/ساعت) هنگام	۳۲۶/۲±۶۴/۶۷	۲۹۱/۱۰±۵۷/۱۵	۳۲۶/۴±۵۱/۷۱	۲۸۲/۶۶±۴۸/۶۰
بعد	۱۲۴/۱۰±۲۶/۶۴	۱۰۴/۳۰±۱۷/۸۸	۱۱۵/۳۰±۱۹/۷۳	۱۰۱/۶۶±۲۷/۵۲
قبل	۴/۴±۱/۷۷	۴/۶۰±۱/۷۱	۵/۷۰±۳/۰۹	۴/۸۳±۱/۶۰
میزان مصرف چربی (گرم/ساعت) هنگام	۵/۲±۱/۲۲	۴/۶۰±۱/۱۷	۵/۳۰±۲/۱۱	۵±۱/۲۶
بعد	۱۱±۲/۷۸ ^{‡†}	۷/۸۰±۱/۹۸	۹/۷۰±۱/۸۲	۸/۳۳±۳/۲۰
قبل	۶۲/۹±۵/۱۰	۶۷/۰±۹/۶۰	۶۱/۷±۵/۵۷	۶۳/۱۶±۵/۹۱
ضربان قلب (ضربه/دقیقه) هنگام	۱۱۹/۲±۸/۲۷ [†]	۱۱۰/۸±۱۲/۷۶	۱۱۹/۹±۹/۲۷ [†]	۱۰۹/۳±۷/۶۰

۸۴/۵۰±۱۲/۹۱

۹۲/۱۰±۶/۹۰

۸۵/۰±۱۰/۲۶[‡]

۹۱/۶±۷/۵۸*

بعد

* تفاوت معنی دار با ال- کارنتین

† تفاوت معنی دار با دارونما

‡ تفاوت معنی دار با ترکیبی

معنی دار ضربان قلب هنگام فعالیت تناوبی شدید مواجه بودند. در ارتباط با اکسیژن مصرفی، لینگرایوب و همکاران (۲۰۱۷) (۱۴) در مطالعه‌ای ناهمسو تاثیر مصرف ۲ گرم مکمل ال کارنتین ۴۰ دقیقه قبل از شروع فعالیت (دویدن با شدت زیر بیشینه تا حد واماندگی) بر مصرف اکسیژن و پروفایل لیپیدی در افراد فعال و غیرفعال را بررسی و نشان دادند که اکسیژن مصرفی، در گروه فعال و غیرفعال نسبت به گروه دارونما تفاوت معنی داری داشت. ناهمسویی دو مطالعه می-تواند به علت شدت پائین و دوز مصرفی بیشتر مطالعه فوق باشد. مطالعه روودلی^۱ و همکاران (۲۰۰۶) (۱۶) افزایش هزینه انرژی حین فعالیت ورزشی را به دنبال مصرف مکمل کافئین (۳۰۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) نشان دادند که ناهمسو با مطالعه حاضر می‌باشد. به نظر می‌رسد عدم ناهمسویی در نتایج به دوز مصرفی بالاتر مکمل در مطالعه روودلی مرتبط باشد. بعلاوه، از آنجایی که معمولا هزینه انرژی مورد استفاده در هنگام فعالیت ورزشی با استفاده از اکسیژن مصرفی ارزیابی می‌شود، می‌توان دلیل پائین بودن هزینه انرژی هنگام فعالیت تناوبی شدید در گروه مکمل ال-کارنتین را به پائین بودن اکسیژن مصرفی هنگام فعالیت در همین گروه نسبت داد. در رابطه با عدم تغییر معنی دار میزان مصرف چربی هنگام فعالیت تناوبی شدید به دنبال مصرف مکمل‌های مورد نظر در مطالعه حاضر، مurosaki^۲ و همکاران (۲۰۰۷) (۱۷) در مطالعه‌ای ناهمسو اثر ترکیبی مکمل‌های کافئین و ال کارنتین را وزن و تری گلیسرید موش‌های چاق بررسی کردند. نتایج تحقیق نشان داد که ترکیب این مکمل‌ها باعث افزایش لیپولیز و اکسایش چربی در هنگام فعالیت ورزشی می‌شود. روودلی و همکاران (۲۰۰۶) (۱۶) نیز افزایش معنی دار اکسایش چربی هنگام فعالیت ورزشی را به دنبال مصرف گزارش کردند. دلیل

اثر مصرف مکمل بر هزینه سوخت و سازی، اکسایش سوپسترا و ضربان قلب دوره ریکاوری

براساس نتایج، اختلاف میانگین پس‌آزمون-پیش‌آزمون متغیرها در حالت‌های مختلف (مصرف مکمل کافئین، ال-کارنتین، ترکیبی و دارونما) در ارتباط RER ($P=0/048$)، میزان مصرف چربی ($P=0/036$) و ضربان قلب ($P=0/04$) تفاوت معنی داری را نشان داد، در حالی که حالت‌های ۴ گانه در هزینه انرژی ($P=0/55$) و اکسیژن مصرفی ($P=0/22$) تفاوت معنی داری نداشتند. براساس نتایج آزمون تعقیبی LSD، مصرف مکمل کافئین در مقایسه با ال-کارنتین ($P=0/15$) و دارونما ($P=0/042$) با کاهش معنی دار RER در دوره بازگشت به حالت اولیه همراه بود. در رابطه با میزان مصرف چربی، مصرف کافئین در مقایسه با ال-کارنتین ($P=0/008$)، مکمل ترکیبی ($P=0/037$) و دارونما ($P=0/032$) با افزایش معنی دار میزان مصرف چربی در دوره ریکاوری همراه بود. علاوه بر این، مصرف مکمل ال-کارنتین در مقایسه با مصرف مکمل کافئین و ترکیب کافئین-ال-کارنتین (به ترتیب $P=0/028$ و $P=0/012$) با کاهش معنی دار ضربان قلب در دوره ریکاوری همراه بود.

بحث

هدف از پژوهش حاضر تاثیر حاد مصرف مکمل کافئین و ال-کارنتین بر هزینه سوخت و سازی و اکسایش سوپسترا هنگام و پس از یک جلسه فعالیت تناوبی شدید در دانشجویان پسر فعال بود. براساس نتایج، تفاوت معنی داری بین اکسیژن مصرفی، هزینه انرژی، RER و میزان مصرف چربی در هیچ یک از حالت‌های چهارگانه (مصرف مکمل کافئین، ال-کارنتین، ترکیبی و دارونما) در هنگام فعالیت تناوبی شدید مشاهده نشد. حال آنکه گروه‌های کافئین و ترکیبی با افزایش

² Murosaki

¹ Rudelle

ناهمسویی نتیجه به دست آمده با مطالعه حاضر استفاده از دوز مصرفی بالا و محدودیت های غذایی قبل از مصرف مکمل می باشد. در مقابل، حقیقی و همکاران (۱۳۹۲) (۱۸) نشان دادند که مکمل کافئین تاثیر معنی داری بر اکسایش چربی نسبت به گروه دارونما هنگام فعالیت ورزشی ندارد که همسو با نتایج مطالعه حاضر می باشد. دوز مصرفی کافئین در هر دو مطالعه یکسان بود ولی فعالیت ورزشی مورد استفاده در دو مطالعه تفاوت داشت. در رابطه با عدم تأثیر گذاری مکمل ال-کارنیتین بر اکسایش چربی، نتیجه مطالعه حاضر با نتایج مطالعه لیانگرایوب و همکاران (۲۰۱۷) (۱۴) همسو است. نتایج آنها نشان داد که میزان تری گلیسیرید پلاسما (نشانگر مصرف چربی درون بدن) در افراد فعال به میزان قابل توجهی کاهش یافت که این کاهش از لحاظ آماری معنی دار نبود. عدم تأثیر گذاری مکمل های مورد استفاده بر RER در مطالعه حاضر، همسو با نتایج مطالعه دمیچی و همکاران (۱۳۸۷) (۱۹) می باشد. در این مطالعه، مصرف کافئین تأثیر معنی داری در نسبت تبادل تنفسی بین گروه مکمل و دارونما ایجاد نکرد. در مقابل، جو^۱ و همکاران (۲۰۱۶) (۸) در مطالعه ای ناهمسو، نشان دادند مکمل کافئین- پلی فنول تأثیر معنی داری بر نسبت تبادل تنفسی نسبت به گروه دارونما هنگام فعالیت ورزشی دارد. دوز مصرفی کافئین در مطالعه جو و همکاران (۲۵۰ میلی گرم در ترکیب با پلی فنول) کمتر از مقدار مصرفی مطالعه حاضر (۶ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن؛ برای یک آزمودنی ۶۰ کیلوگرمی حدود ۳۶۰ میلی گرم) و دلیل احتمالی نتیجه گیری در مطالعه ایشان می باشد. براساس مشاهدات قبلی، غلظت کارنیتین پلاسما و عضلات بعد از مصرف ال-کارنیتین افزایش یافته ولی تاثیری در انتقال اسیدهای چرب آزاد و اکسایش چربی ندارد، دلیل عدم تأثیر گذاری ال-کارنیتین بر اکسایش چربی به احتمال زیاد به دلیل افزایش غلظت پلاسمایی انسولین پس از مصرف ال-کارنیتین مربوط می باشد (۲۰).

از سوی دیگر، دوره ریکاوری، دوره جدایی ناپذیر پس از فعالیت ورزشی است که میزان سوخت و ساز در آن بیشتر از زمان استراحتی است. هنگام ریکاوری انرژی مورد نیاز به دلیل توقف فعالیت ورزشی به مقدار قابل ملاحظه ای کاهش می یابد با این حال، هنوز بالاتر از سوخت و ساز استراحتی قبل از شروع فعالیت می باشد. شکی نیست که افزایش سوخت و ساز در دوره ریکاوری برای بازگرداندن بدن به شرایط پیش از ورزش ضروری است و بیشتر ناشی از رویدادهای سوخت و سازی و فیزیولوژیکی انجام شده هنگام فعالیت ورزشی است (۲۱). مصرف اکسیژن هنگام دوره ریکاوری و ریکاوری و پس از فعالیت ورزشی، به طور اساسی قبلا توسط تئوری وام اکسیژن (EPOC)^۲ توضیح داده می شد (۲۲). این فرضیه توضیح می دهد که مصرف اکسیژن پس از فعالیت ورزشی، به علت باز پس دادن کسر اکسیژنی است که حین ورزش رخ داده است. براساس یکی دیگر از نتایج مطالعه حاضر، حالت های چهارگانه مصرف مکمل (مصرف مکمل کافئین، ال-کارنیتین، ترکیبی و دارونما) تأثیر معنی داری بر اکسیژن مصرفی دانشجویان در دوره ریکاوری پس از فعالیت تناوبی شدید نداشت. در دوره ریکاوری، اکسیژن مصرفی گروه کافئین بطور غیر معنی داری از بقیه گروه ها بیشتر بود. همچنین در این دوره، اکسیژن مصرفی گروه کافئین نسبت به حالت استراحتی قبل از فعالیت افزایش غیر معنی دار ایجاد کرد. این نتیجه با نتایج مطالعه کاشف و همکاران (۱۳۹۶) (۲۳) ناهمسو است. براساس نتایج این محققان، مصرف ۲/۵ و ۵ میلی گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم از وزن باعث افزایش معنی دار در متغیر اکسیژن مصرفی پس از فعالیت ومانده ساز (بلافاصله پس از فعالیت) نسبت به گروه دارونما شد. دلیل ناهمسویی را می توان به نوع فعالیت ورزشی به کارگرفته شده در دو مطالعه و زمان اندازه گیری اکسیژن مصرفی نسبت داد. در مطالعه حاضر فعالیت ورزشی بی-هوایی مورد استفاده قرار گرفت ولی در مطالعه کاشف و همکاران (۱۳۹۶) (۲۳) از فعالیت هوایی استفاده شد که در

² Excess Post-exercise Oxygen

فعالیت بیشتر و معنی دار بود. دلیل ناهمسویی را می توان به دوز مصرفی بالا (۳ گرم ال کارنیتین) و زمان مصرف مکمل (۹۰ دقیقه قبل از فعالیت ورزشی) در مطالعه فوق مرتبط دانست. علاوه بر این، نتیجه دیگر مطالعه حاضر نشان داد که مصرف مکمل کافئین-ال کارنیتین تاثیر معنی داری بر اکسیژن مصرفی دانشجویان پسر فعال پس از فعالیت نداشت. اکسیژن مصرفی گروه مکمل ترکیبی پس از فعالیت نسبت به قبل از فعالیت نیز با کاهش معنی داری مواجه شد. همچنین اکسیژن مصرفی گروه مکمل ترکیبی پس از فعالیت تناوبی شدید از بقیه گروه ها بیشتر بود که این تفاوت نیز معنی دار نبود. این نتیجه با نتایج مطالعه صراف و همکاران (۱۳۹۳) (۲۶) مبنی بر افزایش اکسیژن مصرفی به دنبال مصرف مکمل ترکیبی همسو می باشد. در مطالعه جو و همکاران (۲۰۱۶) (۸) نیز مصرف مکمل ترکیبی (۲۵۰ میلی گرم کافئین-پلی فنول در حالت ناشتا، ۴۰ دقیقه قبل از فعالیت تناوبی سرعتی)، افزایش معنی دار اکسیژن مصرفی نسبت به حالت قبل از فعالیت را به دنبال داشت. با توجه به عدم رعایت ناشتایی در مطالعه حاضر احتمالاً عدم وجود ناشتایی در عدم معنی دار بودن نتایج تاثیر گذار بوده باشد.

براساس یکی دیگر از نتایج پژوهش حاضر، مکمل کافئین تاثیر معنی داری بر هزینه انرژی دوره ریکاوری دانشجویان پسر فعال ندارد. این در حالی بود که هزینه انرژی در گروه مکمل کافئین پس از فعالیت بیشتر از مابقی گروه ها بود ولی معنی دار نبود. همچنین نسبت به حالت قبل از فعالیت افزایش معنی داری نداشت. نتیجه مطالعه حاضر با نتایج مطالعه هالستون^۲ و همکاران (۲۰۰۸) (۲۷) همسو است. در مطالعه مذکور هزینه انرژی پس از فعالیت، در گروه مکمل نسبت به گروه دارونما، بالاتر بود ولی این تفاوت از لحاظ آماری معنی دار نبود. در مقابل، اسپاربت^۳ و همکاران (۲۰۱۴) (۲۸) تاثیر مصرف کافئین بر هزینه انرژی زنان غیر فعال و دارای

آن اکسیژن بیشتری در دسترس برای انجام فعالیت می باشد. همچنین زمان اندازه گیری اکسیژن مصرفی پس از فعالیت در دو مطالعه (مطالعه فوق بلافاصله پس از فعالیت و در مطالعه حاضر ۳۰ دقیقه پس از فعالیت) می تواند عاملی اثرگذار در ناهمسویی دو مطالعه باشد. همچنین نتیجه مطالعه حاضر با نتیجه مطالعه جو و همکاران (۲۰۱۶) (۸) ناهموس است. مکمل کافئین-پلی فنول باعث افزایش معنی دار اکسیژن مصرفی پس از فعالیت نسبت به گروه دارونما و قبل از فعالیت شد. ترکیب مکمل کافئین با پلی فنول می تواند در تاثیر گذاری اکسیژن مصرفی پس از فعالیت در مطالعه فوق باشد. البته این نتیجه، با نتیجه حاصل از مطالعه حقیقی و همکاران (۱۳۹۲) (۱۸) همسو است. در این مطالعه مصرف کافئین (۶۰ دقیقه قبل از دویدن و امانده ساز) تاثیر معنی داری بر اکسیژن مصرفی پس از فعالیت نداشت. سطح آمادگی و فعال بودن آزمودنی ها و سازگاری با فعالیت می تواند دلیل این غیر معنی دار بودن اکسیژن مصرفی پس از فعالیت باشد، به طوری که افراد فعال با آمادگی بیشتر سریعتر به حالت پایه برمی گردند. علاوه بر این، اکسیژن مصرفی دوره ریکاوری در گروه مکمل ال-کارنیتین از بقیه گروه ها کمتر بود. از آن گذشته، مصرف ال-کارنیتین پس از فعالیت نسبت به قبل از فعالیت با افزایش غیر معنی دار اکسیژن مصرفی نیز همراه بود که با نتایج مطالعه استوسی^۱ و همکاران (۲۰۰۵) (۲۴)، همسو است. براساس نتایج این محققان، مکمل ال-کارنیتین تاثیری بر اکسیژن مصرفی و ضربان قلب در زمان ریکاوری و پس از فعالیت نداشت. دلیل همسویی را می توان انتخاب آزمودنی های فعال دانست که پس از فعالیت اکسیژن مصرفی و ضربان قلب آنها سریعتر از افراد غیر فعال به حالت پایه بازمی گردد. در مقابل، این نتیجه با نتایج مطالعه اراضی و همکاران (۱۳۹۱) (۲۵) ناهمسو است. در مطالعه مذکور، مصرف مکمل ال کارنیتین در مقایسه با دارونما بر روی متغیرهای اندازه گیری شده پس از

³ Schubert

¹ Stuessi

² Hulston

نتایج نشان داد که هزینه انرژی در گروه مکمل ترکیبی پس از فعالیت نسبت به قبل از فعالیت در حالت استراحتی کاهش یافت که از لحاظ آماری معنی دار نبود. نتیجه مطالعه حاضر با نتایج مطالعه هوانلو و همکاران (۱۳۹۱)(۳۰) ناهمسوست. نتایج آنها نشان داد که مصرف مکمل ترکیبی ال کارنیتین و Q10 باعث افزایش معنی دار هزینه انرژی نسبت به مصرف هر یک از مکمل ها به تنهایی شد. از آنجا که هزینه انرژی معمولاً با استفاده از حداکثر اکسیژن مصرفی مشخص و تعیین می-شود، می توان این احتمال را داد که با افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی هزینه انرژی هم در مطالعه فوق افزایش یافته باشد. بنابراین، نوع فعالیت ورزشی مورد استفاده در مطالعه حاضر (فعالیت بی هوای سرعتی) احتمالاً در عدم تاثیر ترکیب مکمل ها بر اکسیژن مصرفی دخیل بوده است. براساس یکی دیگر از نتایج بدست آمده از مطالعه حاضر، مکمل کافئین تاثیر معنی داری بر RER دوره ریکاوری دانشجویان پسر فعال داشت. به عبارتی، مصرف مکمل کافئین در مقایسه با ال-کارنیتین و دارونما با کاهش معنی دار RER در دوره بازگشت به حالت اولیه همراه بود. نتیجه بدست آمده از تحقیق حاضر همسو با مطالعه جو و همکاران (۲۰۱۶) (۸) و اسپجارت و همکاران (۲۰۱۴)(۲۸) می باشد. در مطالعه جو و همکاران (۲۰۱۶)، مصرف مکمل کافئین-پلی فنول (۲۵۰ میلی گرم) یک ساعت قبل از فعالیت تناوبی سرعتی، تأثیر معنی داری بر نسبت تبادل تنفسی افراد پس از فعالیت نسبت به حالت قبل از فعالیت داشت (۸). از آنجا که آزمودنی های هر دو مطالعه از نوع فعال و دارای آمادگی جسمانی بالا بودند، طبق اصل سازگاری با فعالیت های ورزشی می توان گفت نسبت به افراد غیرفعال سریعتر به حالت پایه برمی گردند و این عامل می تواند دلیل همسویی دو مطالعه باشد. همچنین طبق نتایج مطالعه اسپجارت و همکاران (۲۰۱۴)(۲۸)، مکمل کافئین باعث تغییرات معنی دار در نسبت تبادل تنفسی نسبت به گروه کنترل و دارونما پس از فعالیت ورزشی و دوره ریکاوری شد. از سوی دیگر، نتایج بدست آمده از مطالعه

اضافه وزن را بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که مکمل کافئین پس از فعالیت باعث افزایش معنی دار هزینه انرژی نسبت به گروه دارونما شد که با نتایج مطالعه فوق ناهمسو می باشد. آزمودنی های مطالعه فوق، ترکیب بدن و اضافه وزن بیشتری نسبت به افراد فعال حاضر در مطالعه حاضر داشته که به اکسیژن مصرفی و به دنبال آن هزینه انرژی بیشتری برای انجام فعالیت نیاز دارند. پس می توان اضافه وزن افراد تحقیق فوق را عامل احتمالی افزایش معنی دار در هزینه انرژی پس از فعالیت ورزشی در نظر گرفت. مطالعه جو و همکاران (۲۰۱۶) (۸) نیز نشان داد مکمل کافئین-پلی فنول باعث افزایش معنی دار هزینه انرژی مصرفی پس از فعالیت نسبت به گروه دارونما شد. که با نتیجه مطالعه حاضر ناهمسوست. ترکیب مکمل کافئین با پلی فنول و همچنین افزایش معنی دار اکسیژن مصرفی پس از فعالیت در مطالعه فوق می تواند در تاثیرگذاری معنی دار هزینه انرژی پس از فعالیت در مطالعه فوق و همچنین ناهمسویی با مطالعه حاضر باشد. از سوی دیگر، هزینه انرژی دوره ریکاوری در گروه مکمل ال- کارنیتین از بقیه گروه ها کمتر بود. البته هزینه انرژی گروه مکمل ال-کارنیتین پس از فعالیت نسبت به قبل از فعالیت افزایش غیر معنی داری داشت. هم راستا با این نتیجه، عدم تأثیرگذاری مکمل ال-کارنیتین بر هزینه انرژی، اکسیژن مصرفی و ضربان قلب در مطالعه ارگلو^۱ و همکاران (۲۰۰۸) (۲۹) نشان داده شد. دلیل عدم تاثیر مصرف مکمل ال کارنیتین بر هزینه انرژی را می توان به استفاده از آزمودنی های فعال نسبت داد که با فعالیت های ورزشی دارای سازگاری بوده و از سطح آمادگی جسمانی بیشتری برخوردار بودند. بعلاوه، از آنجا که محاسبه هزینه انرژی رابطه مستقیمی با میزان اکسیژن مصرفی دارد، لذا عدم تاثیرگذاری مصرف ال-کارنیتین بر هزینه انرژی را می توان به عدم تأثیرگذاری مکمل ال کارنیتین بر روی اکسیژن مصرفی نسبت داد. در نهایت، مصرف مکمل کافئین-ال کارنیتین تاثیر معنی داری بر هزینه انرژی دانشجویان پسر فعال پس از فعالیت نداشت. همچنین

¹ Eroglu

طرف دیگر، پژوهش حاضر نشان داد که میزان اکسایش چربی در دوره ریکاوری پس از مصرف مکمل ال کارنیتین نسبت به سایر گروه‌ها کمتر بود. اما نسبت به زمان قبل از فعالیت افزایش معنی‌داری داشت. در همین راستا هوانلو و همکاران (۱۳۹۲) (۳۰) به بررسی مصرف ۲ گرم ال کارنیتین به مدت یک هفته بر سوخت و ساز چربی و کربوهیدرات بعد از فعالیت مقاومتی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که مکمل ال-کارنیتین هیچ تغییری در اکسایش چربی ایجاد نکرد که همسو با نتیجه مطالعه حاضر می‌باشد. احتمالاً افزایش غلظت پلاسمایی انسولین هنگام مصرف مکمل و دارونما باعث مهار اکسایش چربی بعد از فعالیت شده است. همچنین نتیجه مطالعه حاضر با نتایج مطالعه ایزدی و همکاران (۱۳۸۹) (۳۲) همسو است. نتایج آنها نشان داد که مصرف مکمل تفاوت معنی‌داری در میزان متغیرهای اسیدچرب و تری‌گلیسیرید (نشانه‌های سوخت چربی در بدن) پس از فعالیت ورزشی نداشت. محققان دلیل عدم نتیجه‌گیری را در کنترل کامل در محدودیت غذایی آزمودنی‌ها و یا ناشتایی آنها بیان می‌کنند. در نهایت، مصرف مکمل کافئین-ال کارنیتین در مطالعه حاضر تأثیر معنی‌داری بر اکسایش چربی پس از فعالیت تناوبی شدید داشت. همچنین اکسایش چربی دوره ریکاوری در گروه ترکیبی افزایش معنی‌دار داشت. اکسایش چربی دوره ریکاوری در گروه ترکیبی از گروه دارونما بطور معنی‌داری بیشتر بود. این نتیجه با نتایج مطالعه شیرعلی و همکاران (۲۰۱۶) (۳۳) همسو می‌باشد. نتایج آنها نشان داد که میزان تری‌گلیسیرید سرم (نشانه‌گر مصرف چربی در بدن) به طور معنی‌داری کاهش ولی در عضله اسکلتی افزایش یافته بود. همچنین نتیجه بدست آمده از مطالعه حاضر با نتایج چا^۲ و همکاران (۲۰۰۱) (۳۴) همسوست. آنها نشان دادند مکمل-دهی همزمان کافئین و ال کارنیتین (پنج میلی‌گرم مکمل کافئین و ۱۵ گرم مکمل ال کارنیتین، یک ساعت قبل از فعالیت) مدت زمان فعالیت استقامتی و مقادیر تری‌گلیسیرید و اسیدچرب آزاد در خون (نشانه‌گر مصرف چربی در بدن)

حاضر نشان داد مکمل ال-کارنیتین تأثیر معنی‌داری بر RER دوره ریکاوری داشت. همچنین براساس نتایج، در گروه ال-کارنیتین، مقدار RER از بقیه گروه‌ها بیشتر بود ولی نسبت به زمان قبل از فعالیت کاهش معنی‌داری داشت. در این راستا، نتایج تحقیق ارگلو و همکاران (۲۰۰۸) (۲۹) نشان داد که مکمل ال-کارنیتین باعث افزایش معنی‌دار RER شد که ناهمسو با نتایج مطالعه حاضر می‌باشد. همچنین، استوسی و همکاران (۲۰۰۵) (۲۴) در مقاله‌ای با عنوان "ال-کارنیتین و ریکاوری بعد از فعالیت ورزشی با شدت بالا" بیان کردند که مصرف حد ۲ گرم ال-کارنیتین هنگام اجرای برنامه وامانده ساز، تأثیر معنی‌داری بر متغیرهای اکسیژن مصرفی، ضربان قلب و RER در حالت ریکاوری ندارد. در مقابل، در پژوهشی دیگر بروس^۱ و همکاران (۲۰۱۸) (۳۱) با بررسی تأثیر حد مصرف مکمل ال-کارنیتین و جذب کربوهیدرات، مقادیر پایین‌تر RER را در مقایسه با دارونما نشان دادند که همسو با مطالعه حاضر می‌باشد.

همچنین تحقیق حاضر نشان داد که مکمل کافئین تأثیر معنی‌داری بر اکسایش چربی، پس از فعالیت تناوبی شدید دارد. عبارتی، مصرف کافئین در مقایسه با ال-کارنیتین، مکمل ترکیبی و دارونما با افزایش معنی‌دار میزان مصرف چربی در دوره ریکاوری همراه بود. نتیجه مطالعه حاضر با نتایج مطالعه جو و همکاران (۲۰۱۶) (۸) همسو می‌باشد. آنها نشان دادند مکمل کافئین-پلی‌فنول باعث افزایش معنی‌دار اکسایش چربی پس از فعالیت نسبت به گروه دارونما شد. دلیل همسویی را می‌توان به کاهش معنی‌دار نسبت تبادل تنفسی در دو مطالعه پس از فعالیت نسبت داد و از آنجا که با کاهش نسبت تبادل تنفسی سوخت غالب بدن برای تامین انرژی به سمت چربی سوق پیدا می‌کند. پس نتیجه می‌گیریم که اکسایش چربی هم معنی‌دار باشد. نتایج مطالعه اسپاجبرت و همکاران (۲۰۱۴) (۲۸) نشان داد که مکمل کافئین باعث افزایش اکسایش چربی در زمان ریکاوری نسبت به گروه دارونما و گروه کنترل شد که همسو با مطالعه حاضر بود. از

²Cha¹ Burrus

از فعالیت تناوبی شدید همراه بود. مصرف مکمل ال- کارنیتین نیز باعث کاهش معنی دار ضربان قلب در دوره ریکاوری گردید. بنابراین پیشنهاد می شود افرادی که به دنبال کاهش یا مدیریت وزن می باشند از دوز مصرفی کافئین (۶ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) همراه با فعالیت تناوبی شدید استفاده نمایند.

تقدیر و تشکر

تحقیق حاضر برگرفته شده از پایان نامه کارشناسی ارشد رشته فیزیولوژی ورزش با کد اخلاق IR.BUMS.REC.1397.130 دانشگاه بیرجند می باشد، که با حمایت این دانشگاه انجام شد. بدین وسیله از دانشجویان پسر و کارکنان آزمایشگاه دانشکده علوم ورزشی دانشگاه بیرجند تشکر و قدردانی می شود

پس از فعالیت را به طور معنی داری افزایش داد. در مقابل، موروساکی و همکاران (۲۰۰۷) (۱۷) نشان دادند که ترکیب مکمل های کافئین، کارنیتین و آرژنین به افزایش معنی دار لیپولیز و اکسایش چربی با کاهش تری گلیسیرید پلاسما نسبت به هر کدام از مکمل ها به تنهایی شد. هانگو و ساچان^۱ (۲۰۰۰) (۳۵) نیز نشان دادند که ترکیبی از کافئین (۰/۱ گرم)، کارنیتین (۱/۵ گرم) و کولین (۱۱/۵ گرم) افزایش اکسایش چربی را در مقایسه با تک تک مکمل ها به دنبال دارد. در مطالعه حاضر دوز مصرفی کافئین و ال- کارنیتین به مراتب کمتر از مطالعات ذکر شده بوده است. از آن گذشته در هر دو مطالعه از مکمل سومی در کنار دو مکمل استفاده شده که شاید دلیل عدم نتیجه گیری در مطالعه حاضر باشد.

نتیجه گیری

بطور کلی، مصرف مکمل کافئین با کاهش معنی دار RER و افزایش معنی دار میزان مصرف چربی در دوره ریکاوری پس

References

1. Barrera EL, Miljkovic D. The link between the two epidemics provides an opportunity to remedy obesity while dealing with Covid-19. *Journal of Policy Modeling*. 2022.
2. Boutcher SH. High-intensity intermittent exercise and fat loss. *Journal of obesity*. 2011;2011
3. Bogdanis GC, Mastorakos G, Tsirigkakis S, Stavrinou PS, Kabasakalis A, Mantzou A, et al. Bout duration in high-intensity interval exercise modifies hematologic, metabolic and antioxidant responses. *Journal of Exercise Science & Fitness*. 2022.
4. Draper N, Hodgson C. *Adventure sport physiology*: John Wiley & Sons; 2008.
5. Whyte LJ, Ferguson C, Wilson J, Scott RA, Gill JM. Effects of single bout of very high-intensity exercise on metabolic health biomarkers in overweight/obese sedentary men. *Metabolism*. 2013;62(2):212-9.
6. Bracken RM, Linnane DM, Brooks S. Plasma catecholamine and naphrine responses to brief intermittent maximal intensity exercise. *Amino acids*. 2009;36(2):209-17.
7. Bartlett JD, Close GL, MacLaren DP, Gregson W, Drust B, Morton JP. High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence. *Journal of sports sciences*. 2011;29(6):547-53.
8. Jo E, Lewis KL, Higuera D, Hernandez J, Osmond AD, Directo DJ, et al. Dietary caffeine and polyphenol supplementation enhances overall metabolic rate and lipid oxidation at rest and after a bout of sprint interval exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2016;30(7):1871-9.
9. Grgic J, Grgic I, Pickering C, Schoenfeld BJ, Bishop DJ, Pedisic Z. Wake up and smell the coffee: caffeine supplementation and exercise performance—an umbrella review of 21 published meta-analyses. *British journal of sports medicine*. 2020;54(11):681-8.

10. Kim J, Park J, Lim K. Nutrition supplements to stimulate lipolysis: a review in relation to endurance exercise capacity. *Journal of nutritional science and vitaminology*. 2016;62(3):141-61.
11. Peker I, Gören Z, Çiloglu F, Karacabey K, Ozmerdivenli R, Saygın Ö. Effects of caffeine on exercise performance, lactate, ffa, triglycerides, prolactin, cortisol and amylase in maximal aerobic exercise. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 2005;19(2):168-74.
12. Villani RG, Gannon J, Self M, Rich PA. L-Carnitine supplementation combined with aerobic training does not promote weight loss in moderately obese women. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2000;10(2):199-207.
13. Jeukendrup A, Randell R. Fat burners: nutrition supplements that increase fat metabolism. *Obesity reviews*. 2011;12(10):841-51.
14. Leelarungrayub J, Pinkaew D, Klaphajone J, Eungpinichpong W, Bloomer RJ. Effects of L-carnitine supplementation on metabolic utilization of oxygen and lipid profile among trained and untrained humans. *Asian J Sports Med*. 2017;8(1):e38707.
15. Malatesta D, Werlen C, Bulfaro S, CheneviÈre X, Borrani F. Effect of high-intensity interval exercise on lipid oxidation during postexercise recovery. *Medicine+ Science in Sports+ Exercise*. 2009;41(2):364.
16. Rudelle S, Ferruzzi MG, Cristiani I, Moulin J, Macé K, Acheson KJ, et al. Effect of a thermogenic beverage on 24-hour energy metabolism in humans. *Obesity*. 2007;15(2):349-55.
17. Murosaki S, Lee TR, Muroyama K, Shin ES, Cho SY, Yamamoto Y, et al. A combination of caffeine, arginine, soy isoflavones, and L-carnitine enhances both lipolysis and fatty acid oxidation in 3T3-L1 and HepG2 cells in vitro and in KK mice in vivo. *The Journal of nutrition*. 2007;137(10):2252-7.
18. Haghighi AH, Adyalbaf Moghaddam R, Hamedia Nia MR. The effect of caffeine consumption on substrate metabolism and time to exhaustion during exercise and one hour after exercise in athletic female. *Journal of Sport Biosciences*. 2015;7(1):11-29. (In Persian)
19. Damirchi A, RAHMANINIA F, MIRZAEI B, HASANNIA S, EBRAHIMI M. Effect of caffeine on blood pressure during exercise and at rest in overweight men. 2009. (In Persian)
20. Decombaz J, Reffet B, Bloemhard Y. L-Carnitine supplementation, caffeine and fuel oxidation in the exercising rat. *Nutrition Research*. 1987; 7(9). 923-33.
21. Yu J, Lim J-H, Seo S-W, Lee D, Hong J, Kim J, et al. Effects of Caffeine Intake on Cardiopulmonary Variables and QT Interval after a Moderate-Intensity Aerobic Exercise in Healthy Adults: A Randomized Controlled Trial. *BioMed Research International*. 2022;2022.
22. Hill A, Lupton H. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *QJM: An International Journal of Medicine*. 1923(62):135-71.
23. Kashef M, Shabani M. Relationship of serum lactate and glucose with oxygen saturation, heart rate and VO₂max in response to L-carnitine during exhaustive exercise in active young men. *Feyz Journal of Kashan University of Medical Sciences*. 2017;21(4):345-51. (In Persian)
24. Stuessi C, Hofer P, Meier C, Boutellier U. L-Carnitine and the recovery from exhaustive endurance exercise: a randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *European journal of applied physiology*. 2005;95(5):431-5.
25. Arazi H, Rahmaninia F, Azali K, Mehrtash M. The effect of acute L-Carnitine supplementation on the blood lactate, glucose, VO₂max and power in trained men: a brief report. *Tehran University Medical Journal*. 2013;711. (In Persian)
26. Sari-Sarraf V, Amirsasan R, Iranpour A. Comparison of acute ingestion of carbohydrate and L-carnitine supplementation on exhaustion time and heart rate variability during recovery from graded exercise in male college athletes. *Metabolism and Exercise*. 2014;4(1):59-68.

27. Hulston CJ, Jeukendrup AE. Substrate metabolism and exercise performance with caffeine and carbohydrate intake. *Medicine and science in sports and exercise*. 2008;40(12):2096-104.
 28. Schubert MM, Hall S, Leveritt M, Grant G, Sabapathy S, Desbrow B. Caffeine consumption around an exercise bout: effects on energy expenditure, energy intake, and exercise enjoyment. *Journal of Applied Physiology*. 2014.
 29. Eroglu H, Senel O, Guzel NA. Effects of acute L-carnitine intake on metabolic and blood lactate levels of elite badminton players. *Neuroendocrinology Letters*. 2008;29(2):261-6.
 30. Hovanloo F, KARIMNIA SV, Bassami M, Mirmiran P, Kolahdozi S. The effects of L-carnitine supplementation on carbohydrate and fat metabolism after resistance exercise. 2012. (In Persian)
 31. Burrus BM, Moscicki BM, Matthews TD, Paolone VJ. The effect of acute l-carnitine and carbohydrate intake on cycling performance. *International Journal of Exercise Science*. 2018;11(2):404.
 32. Eizadi M, Nazem F, Zarifyan A, Eghdami A, Khorshidi D. The effect of chronic intake of L-carnitine L-tartrate on lipid metabolism during aerobic exercise. *Journal of Kerman University of Medical Sciences*. 2010. (In Persian)
 33. Shirali S, Hosseini SA, Ashtary-Larky D, Daneghian M, Mirlohi M-S. Effect of caffeine co-ingested with carnitine on weight, body-fat percent, serum leptin and lipid profile changes in male teen soccer players :A randomized clinical trial. *International journal of pediatrics*. 2016;4(10):3685-98. (In Persian)
 34. Ryu S, Choi S-K, JoUNG S-S, Suh H, Cha Y-S, Lee S, et al. Caffeine as a lipolytic food component increases endurance performance in rats and athletes. *Journal of nutritional science and vitaminology*. 2001;47(2):139-46.
 35. Hongu N, Sachan DS. Caffeine, carnitine and choline supplementation of rats decreases body fat and serum leptin concentration as does exercise. *The Journal of nutrition*. 2000;130(2):152-7.
- Acute effect of Caffeine and L-carnitine Supplement Administration on Metabolic Rate and Substrate Oxidation after high intensity intermittent exercise in active male students

*Original Article***Acute effect of Caffeine and L-carnitine Supplement Administration on Metabolic Rate and Substrate Oxidation during and after high intensity intermittent exercise in active male students**

Received: 08/05/2022 - Accepted: 24/07/2022

Pooriya Soofinezhad¹
 Mohsen Mohammadnia Ahmadi^{2*}
 Mohammad Esmail Afzalpour³
 Seyede Fatemeh Rezaeian⁴

¹MSc in Sport Sciences, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran

²Associate Professor of Physiology of Sport, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran

³Professor of Physiology of Sport, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran

⁴MSc in Sport Sciences, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran

Email:

m.m.ahmadi2005@birjand.ac.ir

Abstract**Introduction**

High-Intensity intermittent exercise upon taking supplements containing bioactive compounds result in improving metabolism and fat oxidation. Thus, the aim of this study was to investigate the acute effect of caffeine, L-carnitine, caffeine-L-carnitine (combined) supplements on metabolic rate and substrate oxidation during and after high-Intensity intermittent exercise.

Material and Method

For this purpose, 10 male active students in a randomized double-blind crossover design in four modes of use: - Placebo (3 mg/kg. BW glucose and fructose); Caffeine (6 mg1/kg.BW); - L-carnitine (13 mg/kg. BW); and - caffeine-L-carnitine (6 and 13 mg/kg. BW, respectively.) In each of the four conditions, the subjects engaged in exercise (performing four 30-second Wingate tests (75 g/kg.BW) with a 5-minute rest interval) one hour after supplementation. Respiratory gases were measured before, during and 30 minutes after exercise and were analyzed to calculate metabolic rate (energy expenditure and oxygen consumption) and substrate oxidation (Respiratory Exchange Ratio (RER) and Fat oxidation). One-way ANOVA test was used for statistical analysis.

Results

The delta between the post-pre-test show significant change only in RER (P=0.048), Substrate oxidation (P=0.036) and heart rate (P=0.04). In addition, caffeine consumption was associated with a significant decrease in RER during the recovery period compared to L-carnitine (P=0.015) and placebo (P=0.042). Also, caffeine consumption in comparison with L-carnitine (P=0.008), combined supplement (P=0.037) and placebo (P=0.032) significantly increased Substrate oxidation in the recovery period.

Conclusion

Therefore, it is recommended to participants who are looking to offer weight loss or management do high-intensity intermittent exercise upon taking caffeine.

Key words

Caffeine supplement, L-carnitine supplement, Fat oxidation, Respiratory Exchange Ratio, Energy Expenditure

Acknowledgement: There is no conflict of interest