

اثر کوتاه مدت مکمل یاری کافئین و آب چغندر بر عوامل ضد اکسایشی و عملکرد ورزشی در ورزشکاران استقامتی

مریم صدیقیان راد^۱، جواد مهربانی^۲

چکیده

زمینه و هدف: فعالیت بدنی شدید و طولانی مدت باعث بروز استرس اکسیداتیو شود. از اینرو، بسیاری از قهرمانان ورزشی به منظور پیشگیری از این شرایط، مکمل های آنتی اکسیدانی را مصرف می کنند. هدف این پژوهش مطالعه اثر مصرف کوتاه مدت مکمل کافئین-آب چغندر بر عوامل ضد اکسایشی و عملکرد ورزشی در ورزشکاران استقامتی بود.

مواد و روش ها: این پژوهش به صورت کوتاه مدت، کانتربالانس، متقاطع، تصادفی و دوسوکور انجام شد که شامل مصرف ۷ روزه مکمل-دارونما بود. ۱۰ دونه نخیه مرد (سن ۲۷/۵±۳/۸، وزن ۶۹/۹±۷/۸ و قد ۱۷۶/۷±۷ در سه وضعیت دارونما (آب چغندر بدون نیترات)؛ دوز پایین [BRJ] (۱۴۰ میلی لیتر آب چغندر غنی شده با ۴/۸ میلی مول نیترات و ۲۰۰ میلی گرم کافئین) و دوز بالا [BRJX] (۱۴۰ میلی لیتر آب چغندر غنی شده با ۹/۶ میلی مول نیترات و ۴۰۰ میلی گرم کافئین) تقسیم شدند. این ۳ تریال به مدت ۸ روز و با فاصله ۱۴ روز استراحت اجرا شد. آزمودنی ها از هفت روز قبل از آزمون، روزانه دو بار مکمل را به همراه ۲۵۰ سی سی آب مصرف کردند. فعالیت ورزشی شامل دویدن به مسافت ۵ کیلومتر با حداکثر تلاش بود.

نتایج: مصرف کوتاه مدت مکمل آب چغندر-کافئین با دوز بالا بر آنزیم های ضد اکسایشی (SOD, CAT, GPx) و سطح مالون دی آلدئید (MDA) اثر معنی داری داشت ($p < 0.05$). همچنین، مصرف کافئین-آب چغندر با دوز بالا و پایین باعث افزایش عملکرد استقامتی مردان ورزشکار شده بود ($p < 0.05$).

نتیجه گیری: نتایج نشان داد مکمل آب چغندر-کافئین بر عوامل ضد اکسایشی و عملکرد ورزشی در ورزشکاران استقامتی تاثیر مثبتی دارد. بنابراین پیشنهاد می شود پیش از فعالیت ورزشی بخصوص پروتکل های استقامتی برای کاهش آسیب های ناشی از مدت و شدت زیاد تمرین از این مکمل استفاده شود.

واژه های کلیدی: مکمل یاری کافئین، آنزیم های ضد اکسایشی، عملکرد ورزشی هوازی.

^۱ دانشجوی دکتری، گروه فیزیولوژی ورزش، پردیس دانشگاهی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

^۲ دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران، نویسنده مسئول mehrabanij@guilan.ac.ir

مقدمه

عوامل تعیین کننده تحمل انسان در برابر فشار ورزشی مهیم باقی مانده است، اما بسته به میزان، شدت و مدت زمان تمرین، ممکن است به عوامل مرکزی و محیطی و تعادل بین سهم های اکسیداتیو و غیر اکسیداتیو در گردش انرژی، مرتبط باشد (Thompsn,2014). در حالی که تمرین منظم ورزشی با فواید بی شماری برای سلامتی همراه است، فعالیت ورزشی حاد باعث افزایش استرس اکسیداتیو و آسیب عضلانی می‌شود، به ویژه هنگامی که شدت ورزش بالا باشد. استرس اکسیداتیو در بافت عضلانی و چربی ممکن است منجر به آسیب اکسیداتیو و در نتیجه کاهش عملکرد سیستم ایمنی، افزایش خستگی و کاهش عملکرد ورزشی شود (Mahdavi, 2012).

از آنجایی که کافئین در سال (۲۰۰۴) توسط آژانس جهانی ضد دوپینگ از لیست مواد ممنوعه حذف شده است، توسط بسیاری از ورزشکاران به طور فزاینده‌ای به عنوان مکمل ارگوژنیک استفاده می‌شود. خواص ارگوژنیک کافئین به طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته و نتایج نشان داده که دوزهای کم تا متوسط (۳-۶ میلی گرم در کیلوگرم) کافئین برای بسیاری از ورزش ها آثار ارگوژنیک به همراه دارد. اثرات کافئین بر استرس اکسیداتیو مهیم است، برخی از مطالعات نشان دهنده اثر آنتی‌اکسیدانی کافئین است و برخی دیگر اثر پروکسیدانی یا عدم تأثیر را نشان می دهند (Mahdavi,2012).

فعالتهای استقامتی طولانی مدت و با شدت متوسط می‌تواند باعث افزایش تولید گونه های فعال و رادیکال های آزاد شده و منجر به بروز استرس اکسیداتیو شود. استرس اکسیداتیو به مفهوم به هم خوردن توازن بین گونه های فعال و سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن به نفع گونه های فعال و رادیکال های آزاد است (Afzalpour,2013). با افزایش شدت و مدت تمرینات بدنی بخصوص تمرینات استقامتی مصرف اکسیژن بالا رفته و استرس اکسیداتیو و عدم کفایت سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی بیشتر بروز می کند و سبب تولید رادیکال های آزاد در عضلات اسکلتی و بافت های بدن می‌شود (Nakhostin,2017). به همین دلیل، بسیاری از قهرمانان ورزشی و حتی مردم عادی جهت جلوگیری از اثرات منفی فعالیت های بدنی و پیشگیری از استرس اکسیداتیو ناشی از فعالیت و آسیب های عضلانی به مصرف مکمل های آنتی‌اکسیدانی روی می آورند (Afzalpour,2013). مکمل آب چغندر از جمله مکمل هایی می باشند که اثرگذاری و بهبود عملکرد آن ها در فعالیت های ورزشی توسط مطالعات مختلف نشان داده شده است (Wootton,2011). برخی از ورزشکاران نیز هنگام تمرین، برای افزایش جریان خون اکسیژن رسانی به عضلات از آب چغندر استفاده می کنند. اهمیت نیتریک اکساید به هنگام ورزش، ناشی از نقش آن در کنترل سوخت و ساز سلولی، افزایش کارایی عضلات، کاهش استرس اکسیداتیو و تعویق زمان خستگی است (Noori,2012). آب چغندر سرشار از نیترات و مواد آنتی‌اکسیدانی است که می‌تواند عملکرد عضله اسکلتی را از طریق نقش خود در تنظیم جریان خون، انقباض پذیری، هموستاز گلوکز و کلسیم و تنفس و بیوژنز میتوکندریایی تغییر دهد. نیترات موجود در ریشه چغندر در بدن به نیتریک اکساید تبدیل می‌شود. نیتریک اکساید موجب گشاد شدن عروق شده و از این راه خون و اکسیژن بیشتری به سمت عضلات فعال فرستاده می‌شود که هزینه اکسیژن مصرفی و خستگی را کاهش داده و موجب افزایش عملکرد استقامتی می‌شود. در صورت ادامه تمرین شدید و طولانی مدت و افزایش مقدار عوامل التهابی و اکسایشی، فاکتورهای ضد اکسیداتیو از جمله

سوپراکسیددیسموتاز^۱ (SOD)، گلوکاتایون پراکسیداز^۲ (GPx)، کاتالاز^۳ (CAT) و همچنین فاکتور مالون دی آلدئید^۴ (MDA) فعال می‌شوند. نقش GPx محافظت ارگانیزم از آسیب اکسایشی به واسطه تبدیل پروکسید هیدروژن به آب است (۷). آنزیم CAT به عنوان اهدا کننده هیدروژن، واکنش تبدیل پرواکسید هیدروژن به آب و اکسیژن را کاتالیز می‌کند (۸). SOD آنزیم‌هایی هستند که به صورت کاتالیکی بر تبدیل رادیکال سوپراکسید به اکسیژن و پراکسید هیدروژن، عمل می‌کنند (Janero, 1990). MDA که از طریق تجزیه محصولات اولیه و ثانویه، پراکسیداسیون لیپیدی تشکیل می‌شود. به علت سمیت و واکنش پذیری بالایی که دارد، یکی از قابل اعتمادترین مارکرها جهت تعیین وضعیت های بالینی استرس اکسیداتیو است (Ayala, 2014). در تحقیقی روند بهبود تحمل فعالیت ورزشی (۷٪+) طی فعالیت ورزشی ترکیبی (دستی و پایی) پس از دو روز مصرف مکمل آب چغندر مشاهده شده است. این مشاهدات همراه با کاهش زمان رسیدن به VO₂ max (۳٪) بود که نشان دهنده افزایش کارایی فعالیت پس از مصرف این مکمل است (Kimberly, 2013). همچنین اثر مصرف ۵۰۰ میلی‌لیتر آب چغندر ۲/۵ ساعت پیش از ۸۰ کیلومتر دوچرخه سواری نشان می‌دهد که تاثیری بر عملکرد ورزشی نداشته است (۱۲). بیلی و همکاران گزارش شده مصرف مکمل آب چغندر موجب بهبود عملکرد و کاهش مصرف اکسیژن در یک بارکار معین می‌شود که می‌تواند ناشی از افزایش تحویل اکسیژن به عضلات، افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسیداتیو و استفاده بهتر از سیستم هوازی برای تولید انرژی باشد (McMahon, 2016). (Bailey, 2010). لارسن و همکاران تاثیر سه روز مکمل حاوی نیترات در ورزشکاران نیمه استقامتی بررسی کردند. نتایج کاهش VO₂ در حین فعالیت را نشان داد که به کاهش سودمند هزینه اکسیژن ارتباط داده شده است. همچنین آن‌ها نشان دادند مکمل حاوی نیترات (۰/۱ میلی‌گرم در روز به مدت ۳ روز) در مردان نخیه دوچرخه‌سواری منجر به افزایش کارایی ورزشی شد (Larsen, 2010). هرچند، ورزشکاران دارای مهارت کافی در مقایسه با افراد آموزش ندیده نیاز به مصرف بیشتری دارند. این امر ممکن است به دلیل مصرف بیشتر سبزیجات غنی از نیترات و اثرات تمرینی، غلظت پایه بالاتری از نیترات در بدن داشته باشند (Glaister, 2015. Stecker, 2019). مرور ادبیات پژوهش نشان می‌دهد، اثر مصرف آب چغندر با پارادوکس همراه است؛ برخی پژوهش‌ها تاثیر این مکمل و تعدادی عدم تاثیر آن را بر عملکرد ورزشی، خصوصا عملکرد استقامتی نشان می‌دهند. همچنین، اثرات مصرف همزمان آب چغندر و کافئین به عنوان یک سوال اساسی تغذیه ای در بهبود عملکرد استقامتی، تغییرات آنزیم‌های ضد اکسایشی و بهبود کارکرد اکسایشی ورزشکاران رشته های استقامتی مطرح هست. از آنجایی که کافئین اثرات ارگوژنیک و آب چغندر اثرات گشادکنندگی عروق دارد می‌تواند بر تامین نیازهای انرژی بافت فعال اثرگذار باشد. بنابراین هدف از انجام این مطالعه بررسی تاثیر مکمل یاری کوتاه مدت کافئین و چغندر بر استرس اکسیداتیو و عملکرد ورزشی ورزشکاران استقامتی بود.

روش پژوهش
آزمودنی‌ها

1 - Superoxide Dismutase
2 - Glutathione Peroxidase
3 - Catalase
4 - Malondialdehyde

از بین ۳۷ داوطلب شرکت در پژوهش، تعداد ۱۵ نفر با استفاده از نرم افزار G-Power انتخاب و در نهایت با توجه به ویژگی‌های مورد نیاز برای شرکت، تعداد ده دهنده مرد استقامتی نخبه از بین ورزشکاران دهنده باشگاهی و ملی با سابقه بیش از ۵ سال شرکت در مسابقات ورزشی با میانگین سن $27/5 \pm 3/8$ ، وزن $69/9 \pm 7/8$ و قد $176/7 \pm 7$ گزینش شدند. از تمامی آزمودنی‌ها رضایت‌نامه دریافت شد. معیارهای خروج از مطالعه عبارت بودند از سن زیر ۱۸ و بالاتر از ۴۰ سال، عدم تحمل چغندر و کافئین و سابقه مصرف سیگار. از شرکت‌کنندگان خواسته شد که رژیم خود را تغییر ندهند.

به منظور جلوگیری از مصرف داروها و مکمل‌های موثر بر نتایج پژوهش و برای اجتناب از مصرف غذاهای حاوی نیترات بالا، ۷۲ ساعت پیش از اجرای پروتکل آموزش داده شد (فهرستی از غذاهای سرشار از نیترات در اختیار آزمودنی‌ها قرار داده شد). به شرکت‌کنندگان توصیه شد که از مصرف الکل و موادی مانند آدامس، شربت‌ها، چایی، قهوه و نسکافه و همچنین اجرای ورزش هوازی به مدت ۲۴ ساعت و تمرینات با وزنه ۷۲ ساعت قبل از اجرای پروتکل و خون‌گیری اجتناب کنند.

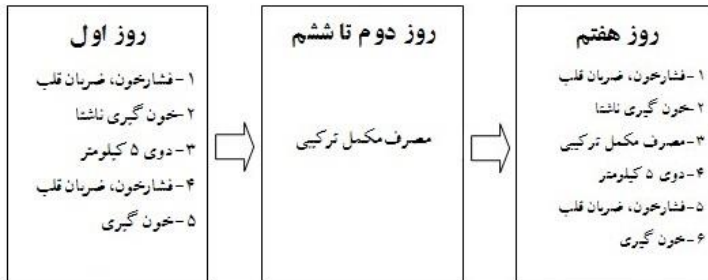
طرح پژوهش

این تحقیق کوتاه مدت، کانتربالانس، دوسوکور(برای محقق و آزمودنی)، متقاطع و تصادفی انجام شد که به صورت مصرف ۷ روزه مکمل - دارونما بود. پس از طرح پژوهش در جلسه مقدماتی، شرکت‌کنندگان به سه وضعیت تقسیم شدند. وضعیت‌ها به طور تصادفی مشخص و پروتکل بین هر یک از مراحل طی ۸ روز و با فاصله ۱۴ روز استراحت انجام شد. این تحقیق در کمیته ملی المپیک ایران انجام شده است.

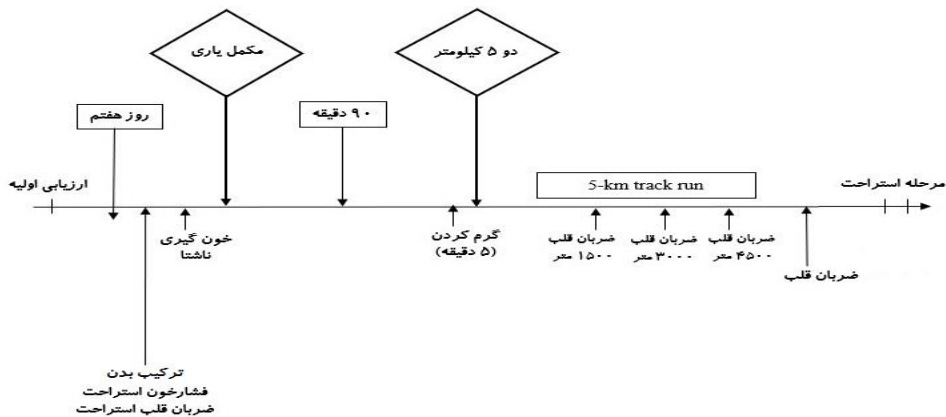
شرکت‌کنندگان ۷۲ ساعت قبل از شروع تحقیق در مرکز سنجش آکادمی ملی المپیک حضور داشتند. در آغاز شرح پروتکل جلسه، روش اجرا و شرایط تحقیق توضیح داده شد و آنها آموزش‌های لازم را فرا گرفتند. پس از دریافت رضایت کتبی و شفاهی، سلامت شرکت‌کنندگان بررسی شد و برای ارزیابی ترکیب بدن از دستگاه آنالیز مدل In Body 220 استفاده شد. حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها توسط دستگاه گاز آنالایزر مدل h/p/cosmos (sports & medical gmbh) ساخت شرکت cosmed آلمان با ۱۰ دقیقه گرم کردن و سپس شروع با سرعت ۱۰ کیلومتر بر ساعت و با شیب صفر درصد که هر دقیقه یک کیلومتر به سرعت آن افزوده گردید و تا زمان رسیدن به واماندگی، محاسبه شد.

در روز اجرا، آزمودنی‌ها بعد از ۱۰-۸ ساعت ناشتایی و عدم انجام فعالیت بدنی (حداقل ۴۸ ساعت)، فشار خون و ضربان قلب آن‌ها، به ترتیب با فشار سنج عقربه‌ای رزمکس و ضربان سنج دیجیتال، ثبت گردید. عملکرد ورزشی با اجرای دویدن ۵ کیلومتر با سرعت حداکثر اندازه‌گیری شد. دلیل انتخاب این مسافت یکی از مسابقات دهنده‌های مسافت طولانی با مسافت‌های میانی است که شامل بازه زمانی ۱۲-۱۷ دقیقه است که در این محدوده زمانی سیستم قلبی عروقی و مسیر هوازی برای این تمرین نسبتاً کامل استفاده می‌شود. همچنین، یک منطقه زمانی مناسب برای مصرف حداکثر اکسیژن مورد نیاز وجود دارد. شرکت‌کنندگان ۶۰ دقیقه پس از مصرف (۱۶،۱۷) مکمل‌هایی که به طور تصادفی به آنها داده شده بود بدن خود را گرم کردند و سپس دویدن را انجام دادند. برای اندازه‌گیری درک فشار فعالیت، از مقیاس ۱ تا ۱۰ بورگ استفاده شد. برای اندازه‌گیری ضربان قلب در حین دویدن، دستگاه هولتر قلب، به دهنده‌ها متصل شد و ضربان قلب دهنندگان در مسافت‌های اندازه‌گیری شد.

شکل ۱، مراحل اجرای پژوهش



شکل ۲، تصویر شماتیک پروتکل پژوهش در روز هفتم



مکمل یاری

مکمل های مورد استفاده در این تحقیق ترکیبی از آب چغندر + کافئین بود که در دوز های کم (BRJ)، زیاد (BRJX) همراه با گروه دارونما بود. ۱- دارونما (آب چغندر بدون نیترات)، ۲- BRJ (۱۴۰ میلی لیتر آب چغندر غنی شده با ۴/۸ میلی مول نیترات، ۲۰۰ میلی گرم کافئین و ۳- BRJX (۱۴۰ میلی لیتر آب چغندر غنی شده با ۹/۶ میلی مول نیترات، ۴۰۰ میلی گرم کافئین).

پس از آزمایش روز دوم، مکمل یاری شروع و به مدت ۶ روز ادامه یافت. در روز هفتم تحقیق، پس از نمونه گیری اولیه خون و حداقل یک و ۲۴ ساعت پس از مصرف مکمل، آزمودنیها ۵ کیلومتر و ۱۵۰۰ متر دویدن را انجام دادند. عصاره چغندر به صورت پودر و ساخت شرکت سان سای (Beet powder Sun Say) کاملاً گیاهی و ارگانیک بدون شکر،

گلوتن و مواد نگهدارنده و شیمیایی مصنوعی با پروانه ساخت ۱۴/۱۰۶۴۵ و کافئین به صورت پودر ساخت شرکت کارن و دارونما آب چغندر طبیعی بود که توسط آزمایشگاه کنترل کیفی مواد غذایی بررسی و به عنوان پلاسبو تعیین شد. مکمل‌ها به صورت دوسو کور توسط یک نفر تهیه و در آب ترکیب و به صورت محلول برای مصرف آزمودنی‌ها در اختیار محقق قرار گرفت. در روزهای سوم تا ششم مصرف مکمل، زمان مصرف از طریق تماس تلفنی یادآوری شد.

نمونه گیری خون

در روزهای اول و هفتم، قبل از استفاده از مکمل و و پیش و پس از پایان دو ۵ کیلومتر، مقدار ۵ سی سی خون از سیاهرگ آنتیکوییتال ساعد دریافت شد. یک ساعت پس از تشکیل سرم، نمونه‌ها با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. نمونه‌های خون پس از نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی گراد با حفظ زنجیره سرد بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و مورد آنالیز قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش از روش آماری ANOVA با اندازه گیری تکراری و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. سطح معنی داری $p < 0.05$ در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

ملاحظات اخلاقی

این طرح در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی گیلان بررسی و با شماره IR.GUMS.REC.1398.043 مورد تأیید قرار گرفت.

یافته ها

ویژگی های فردی و فیزیولوژیک آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱، ویژگیهای آزمودنی‌ها	
میانگین و انحراف استاندارد	آماره
۲۷/۵±۳/۸	سن (سال)
۱۷۶/۷۴±۷/۰۱	قد (cm)
۶۹/۸۹±۷/۷۸	وزن (kg)
۲۲/۳۴±۱/۵۲	شاخص توده بدن (kg/m^2)
۱۴/۱۲±۲/۳۵	چربی بدن (درصد)
۴۳/۸۲±۵/۵۹	توده بدون چربی (kg)
۳۴/۰۹±۴/۳۳	توده عضلانی (kg)
۰/۸۱±۰/۰۳	دور کمر به لگن
۵۶/۵±۴/۶	VO ₂ max (ml/kg/min)

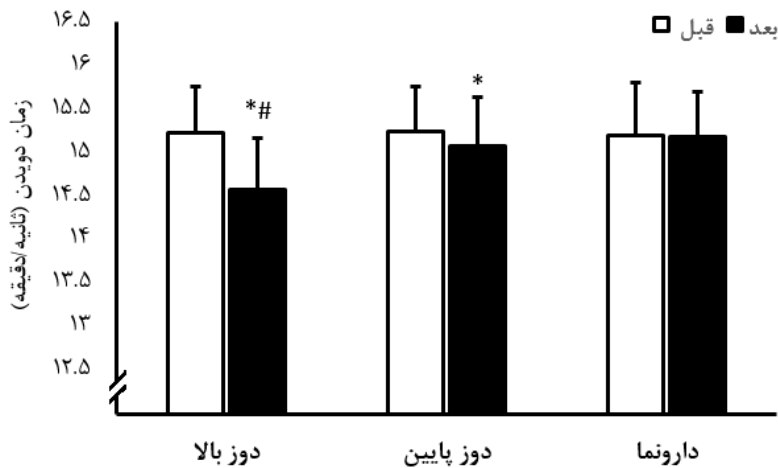
مصرف مکمل آب چغندر و کافئین با دوز بالا بر سطوح سرمی آنزیم‌های ضد اکسایشی (SOD, CAT, GPx) اثر معنی داری دارد ($p < 0.05$). نتایج نشان داد مقادیر پس از فعالیت ۵۰۰۰ متر استقامتی این آنزیم نسبت به پیش از آن به طور معنی داری در وضعیت دوز بالا افزایش داشته است (جدول ۲). هرچند در سطوح MDA تفاوت معنی داری مشاهده نشد، اما تغییرات قبل از فعالیت و مصرف معنی دار بود ($p < 0.05$).

جدول ۲. مقادیر سرمی آنزیم‌های ضد اکسایشی و MDA

زمان مصرف (میانگین و انحراف استاندارد)		مکمل یاری	آنزیم‌های ضد اکسایشی
قبل	بعد		
۳/۸۷±۰/۵۷	۴/۶۳±۰/۶۶ [#]	دوز بالا	SOD (IU/ml)
۳/۶۱±۰/۷۲	۴/۰۸±۰/۶۳	دوز پایین	
۳/۶۷±۰/۴۹	۳/۸۹±۰/۶۹	دارونما	
۱۳۸/۲۹±۱۳/۷۴	*۱۶۸/۱۲±۱۷/۲۵	دوز بالا	GPx (IU/ml)
۱۲۹/۷۸±۱۵/۳۶	۱۵۷/۱۹±۱۲/۴۹	دوز پایین	
۱۳۲/۶۶±۱۳/۰۸	۱۳۹/۷۴±۱۵/۲۵	دارونما	
۱۸/۴۴±۴/۵۶	*۲۰/۱۲±۵/۳۶	دوز بالا	CAT (µm/L)
۱۷/۳۶±۳/۹۹	۱۸/۶۸±۵/۰۹	دوز پایین	
۱۷/۵۹±۵/۱۱	۱۸/۰۳±۴/۸۸	دارونما	
۶/۴۱±۲/۰۹	*۸/۷۸±۲/۲۳	دوز بالا	MDA (µm/L)
۷/۰۲±۱/۹۴	۸/۱۲±۲/۱۷	دوز پایین	
۶/۸۸±۱/۹۷	۷/۲۸±۱/۶۸	دارونما	

$p < 0.05$ بعنوان سطح معنادار در نظر گرفته شده است.
*تفاوت معنادار درون گروهی؛ #تفاوت معنادار بین گروهی

همچنین یافته‌ها نشان داد مصرف کوتاه مدت کافئین و آب چغندر با دوز بالا و پایین بر زمان دویدن به عنوان شاخص عملکرد ورزشی هوایی اثر دارد (شکل ۳).



شکل ۳. زمان دویدن هوازی (۵۰۰۰ متر) قبل و بعد از مصرف مکمل

$p < 0.05$ بعنوان سطح معنادار در نظر گرفته شده است.

* تفاوت معنادار درون گروهی؛ # تفاوت معنادار بین گروهی

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد مصرف مکمل آب چغندر و کافئین با دوز بالا در سطوح سرمی آنزیم‌های ضد اکسایشی (SOD, CAT, GPx) اثر معنی داری داشته است ($p < 0.05$). به بیان دیگر مقایسه اثر مصرف مکمل پیش از دوی استقامتی نشان داد مقادیر پس از فعالیت این آنزیم نسبت به پیش از آن به طور معنی داری در تریبال دوز بالا افزایش داشته است. با این حال در سطوح سرمی آنزیم MDA تفاوت معنی داری مشاهده نشد.

SOD، کاتالاز و GPx آنزیم‌های اولیه هستند که رادیکال‌های آزاد را از بین می‌برند. ژیلینگ لو و همکاران گزارش کردند موش‌هایی که بتالین بدست آمده از چغندر قرمز مصرف کرده بودند، فعالیت SOD، کاتالاز و GPx بیشتر شده بود. این نتایج حاکی از آن است که بتالین‌های چغندر قرمز به عنوان آنتی‌اکسیدان در کم اثر کردن یا حذف رادیکال‌های آزاد موثر هستند (Lu, 2019). هر چند درباره تاثیر کافئین نشان داده شده که مصرف این مکمل با دوز ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی سطوح MDA، TAC تاثیر گذار نیست (Mahdavi, 2012)؛ با این حال مکمل کافئین در فعالیت‌های طولانی مدت، می‌تواند باعث افزایش فعالیت کراتین کیناز شود و سطح منابع آدنوزین تری فسفات برای تامین انرژی مورد نیاز را افزایش دهد.

تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که مکمل نیترات معدنی در رژیم غذایی ممکن است باعث بهبود کارایی عضلات و مقاومت در برابر خستگی شود. نشان داده شده است مصرف نیترات منجر به افزایش ۱۵ تا ۲۵ درصدی زمان رسیدن به خستگی در هنگام تمرین با شدت بالا می‌شود. همچنین بهبودی ۱ تا ۲٪ در زمان اجرای پروتکل فعالیت استقامتی با شدت بالا را به همراه دارد (Wylie, 2016). در همین راستا آل گامال و همکاران (۲۰۱۴)،

کوجاوسکا و همکاران (۲۰۰۹) و لویاکس و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهش‌های خود اثر محافظتی چغندر را بر استرس اکسیداتیو در رت‌های نژاد ویستار بررسی کردند. یافته‌ها کاهش فاکتورهای استرس اکسیداتیو و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی را نشان داد (El Gamal, 2014. Kujawska, 2009. Lu, 2019). یافته‌های گلائیستر و همکاران (۲۰۱۵)، روکدال لاسج و همکاران (۲۰۱۹)، بالسالوبره فرناندز و همکاران (۲۰۱۸)، بسکاس و همکاران (۲۰۱۱)، نشان داد که ترکیب آب چغندر با کافئین بهبود قدرت، عملکرد ورزشی و زمان خستگی در ورزشکاران را در پی دارد و اثری بر شاخص‌های ضداکسایشی ندارد که این گزارش‌ها با نتایج پژوهش حاضر ناهمسو است (Glaister, 2015. Rokkedal, 2019. Balsalobre, 2018). همچنین بورسما و همکاران (۲۰۱۴) و وارون و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند مکمل آب چغندر باعث کاهش شاخص‌های ضداکسایشی در حالت استراحت و در حین ورزش هوازی می‌شود (Boorsma, 2014. Vernon, 2014). تناقض نتایج می‌تواند در ارتباط با نوع، شدت و مدت زمان انجام تمرین، نمونه تحقیق، نوع مکمل، زمان نمونه‌گیری یا روش تمرین و واکنش متفاوت نسبت به فعالیت جسمانی باشد. فعالیت بدنی می‌تواند باعث افزایش تولید گونه‌های فعال و رادیکال‌های آزاد شده و منجر به بروز استرس اکسیداتیو و برهم خوردن توازن بین گونه‌های فعال و سیستم آنتی‌اکسیدانی شود؛ اما بتاکاروتن، کاراتنوئیدها، فلاونوئیدهای آنتی‌اکسیدانی و ویتامین‌های E و C موجود در آب چغندر همراه با کافئین ممکن است سبب پاک شدن و حذف رادیکال‌های آزاد شده باشد (Bondonno, 2014. Murphy, 2012).

همچنین نتایج نشان داد مصرف کوتاه مدت کافئین و آب چغندر با دوز بالا و پایین بر زمان دویدن مردان ورزشکار استقامتی اثر دارد. نتایج پژوهش کردی و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد مصرف مکمل آب چغندر تاثیر معنی‌داری بر سرعت دویدن آزمودنی‌ها دارد. لانزلی و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند، با مصرف ۰/۵ لیتر آب چغندر زمان اتمام چهار کیلومتر دویدن کاهش و قدرت خروجی افزایش می‌یابد (Lansley, 2011). بایلی و همکاران (۲۰۱۹) به این نتیجه رسیدند با مصرف ۰/۵ لیتر آب چغندر در روز، زمان رسیدن به خستگی افزایش می‌یابد (Bailey, 2019) همچنین شواهد علمی نشان داده است، آب چغندر موجب کاهش زمان اتمام فعالیت، افزایش تاخیر در زمان رسیدن به واماندگی، کاهش حالت پایدار اکسیژن برداشتی، افزایش توان اوج و همچنین افزایش سرعت کار در آستانه تبادل گاز می‌شود (Lansley, 2011. Bailey, 2019. Pinna, 2014). یافته اصلی هون و همکارانش در پژوهش خود این بود که دوز بالای آب چغندر غنی از NO₃ (140 mL) ممکن است عملکرد قایقرانی ۲۰۰۰ متر را بهبود بخشد. یافته پژوهش پینه و همکاران نیز نشان داد مکمل آب چغندر هزینه انرژی هوازی شنا را در فعالیت حداکثر، کاهش می‌دهد و دلیل این مساله را در نتیجه اثر تنظیمی نیتریک اکسید در فرایندهای مصرف ATP در شبکه سارکوپلاسمی دانست (Hoon, 2014). وایل و همکاران نیز گزارش کردند که مصرف مکمل آب چغندر طی فعالیت تناوبی با ۲۴ ست ۶ ثانیه‌ای و بازه زمانی استراحت ۲۴ ثانیه، باعث بهبود توان عملکرد می‌شود. خصوصاً باعث بهبود MPO در ۶ ست اول می‌شود که این یافته نشان می‌دهد مکمل آب چغندر ممکن است عملکرد هنگام تمرین تناوبی با شدت بالا را، هنگامی که مدت زمان کوتاه، با ریکاوری کوتاه مدت بهبود بخشد اما وقتی مدت زمان تمرین و ریکاوری بالا برود اثرگذار نیست (Wylie, 2016). یافته‌های مورفی و همکاران نشان داد که سرعت دوندگان نیمه حرفه‌ای در حد متوسط در دوی ۵۰۰۰ متر بعد از مصرف مکمل آب چغندر در مقایسه با دارونما بسیار سریع‌تر بود که البته این اثر در دو

سوم انتهای مسیر بیشتر بود (Murphy, 2012). روش دقیق تاثیر NO3 مشخص نیست. با این حال، افزایش نیتریک اکسید در میتوکندری و یا جریان خون می‌تواند هزینه تولید ATP را کاهش دهد. مقدار اندکی نیتریک اکسید می‌تواند باعث بهبود متابولیسم عضلانی شود و از آزاد شدن بیش از حد کلیسم جلوگیری می‌کند. پس از مصرف آب چغندر به عنوان منبع غنی نیترات، NO3 با تجزیه به نیتريت و در نهایت نیتریک اکسید باعث افزایش میزان NO در خون و بافت‌ها می‌شود (Pinna, 2014) و بنابراین مصرف مکمل نیترات می‌تواند با افزایش بازده تولید انرژی، هزینه اکسیژن ورزش را کاهش می‌دهد (Hoon, 2014) تجزیه نیترات به نیتریک اکسید با کاهش PH (محیط اسیدی)، افزایش پیدا می‌کند که به هنگام تمرین با شدت بالا رخ می‌دهد (Gungor, 2015). از طرفی گزارش شده است که مصرف کافئین قبل ورزش باعث افزایش فعالیت محور هیپوتالاموس-عده-غدد فوق کلیه و سیستم عصبی خودمختار می‌شود که به نوبه خود ممکن است بر پاسخ ایمنی اثر بگذارد (Mahdavi, 2012) میزان دوز مصرفی کافئین مهم ترین عامل تعیین کننده اثر آن است که می‌تواند بر زمان خواب (تاثیر در به خواب رفتن)، کیفیت و زمان خواب به دلیل تحریک عضله قلب، ترشح اسید معده و خروجی ادرار، اثرگذار باشد. کافئین ماده ای ارزان است و به همین دلیل یک مکمل ارگونومیک موثر بر عملکرد ورزشی در بین ورزشکاران پذیرفته شده است و وقتی با دوز ۳ الی ۶ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن مصرف می‌شود، در مدت زمان کوتاهی از غشای بافت عبور می‌کند و برای عملکرد دوچرخه سواری هوایی مفید است و باعث افزایش سرعت، قدرت و استقامت هوایی می‌شود. به همین دلیل نوشیدنی‌های کافئین دار در بین ورزشکاران محبوب است. پژوهش گانگور و همکاران نشان داد مصرف طولانی مدت قهوه کافئین دار، عملکرد بی‌هوایی را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد با این حال بر میزان نیرو اثرگذار نیست. آنها همچنین گزارش کردند مصرف قهوه همراه با افسردین باعث افزایش قابل توجه عملکرد می‌شود (Gungor, 2015). نتایج پژوهش لنه و همکاران که آن‌ها نیز به بررسی اثر این دو مکمل با هم پرداختند نشان داد مصرف مکمل کافئین با دوز ۳ میلی‌گرم به ازای هر یک کیلوگرم وزن بدن ۴۰ دقیقه قبل از فعالیت، باعث افزایش قابل توجه TT (زمان پروتکل) در دوچرخه سواران زن و مرد می‌شود. با وجود آنکه مکمل آب چغندر نتوانست غلظت NO2 را به طور قابل توجهی افزایش دهد، اثری بر عملکرد نداشت که این موضوع می‌تواند مرتبط با زمان و دوز مصرف آب چغندر، شدت و مدت زمان تمرین باشد چرا که تاثیر آب چغندر وابسته به دوز است (Lane, 2014). گلاستر و همکاران مطرح کردند که کافئین برخلاف نیترات تاثیر قابل توجهی بر عملکرد دارد (McMahon, 2016). پژوهش هندزلیک و همکاران، بهبود ناچیز زمان پروتکل در VO2max 80% با مصرف مکمل ترکیبی کافئین و آب چغندر در مقایسه با گروه آب چغندر و دارونما با کافئین بود. این یافته حاکی از تاثیرات مثبت و بالقوه مکمل ترکیبی کافئین و آب چغندر بر ظرفیت ورزش ورزشکاران حرفه‌ای می‌باشد (Handzlik, 2013). همچنین پژوهش مارتینز و همکاران نشان داد مصرف همزمان کافئین و آب چغندر قبل از تمرین باعث بهبود عملکرد ورزشی می‌شود. این یافته نشان می‌دهد که مصرف همزمان این دو مکمل با هم خستگی هنگام فعالیت ورزشی به تعویق انداخته و موجب بهبود ضربان قلب می‌شود (Martinez, 2017). همچنین عملکرد ورزشکاران بعد از مصرف کافئین و نیترات، تفاوت چشمگیری با گروه دارونما و مصرف مجزای کافئین و نیترات نداشت (Tarazona, 2013). این یافته‌ها با نتایج پژوهش حاضر همسویی نداشت.

مکمل آب چغندر - کافئین بر عوامل ضد اکسایشی و عملکرد ورزشی در ورزشکاران استقامتی تاثیر معناداری دارد. فعالیت ورزشی شدید می‌تواند منجر به آسیب اکسیداتیو به ماکرومولکول‌ها در خون و ماهیچه‌ی اسکلتی شود. این آسیب اکسیداتیو ناشی از ورزش می‌تواند عملکرد بدنی را از طریق مکانیسم‌های مختلف مربوط به ساختار و عملکرد سلولی به خطر بیاندازد. علاوه بر این، تنش اکسیداتیو مزمن در ورزشکاران، که غالباً با زیاده‌روی در تمرین ایجاد می‌شود، با خستگی مزمن، کاهش عملکرد طولانی مدت، آتروفی عضلات و بیماری مرتبط است از سوی دیگر در شرایط تمرین به ویژه تمرین‌های استقامتی، آسیب‌های اکسایشی و بیولوژیکی در غشا ایجاد می‌شود که خوشایند نیست. استفاده از مکمل آب چغندر - کافئین می‌تواند ضمن ایجاد سازگاری عضلانی، دستگاه ایمنی و هورمونی با پروتکل تمرین، مانع افزایش شاخص‌های آسیب سلولی شود. به واسطه فلاونوئیدها و ویتامین‌های موجود در آب چغندر و همچنین وجود کافئین در این مکمل تعدیل و تقویت سیستم ضد اکسایشی از طریق تولید بیشتر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی هم صورت گرفته است در نتیجه کاهش سطوح پروتکل‌های استقامتی برای کاهش آسیب‌های ناشی از مدت و شدت زیاد تمرین از این مکمل استفاده شود. از محدودیت‌های مطالعه حاضر می‌توان به عدم کنترل دریافتی روزانه، حجم کم نمونه‌ها، عدم کنترل استرس، خواب و انگیزه در افراد اشاره کرد.

تشکر و تقدیر

از آزمودنی‌های مطالعه حاضر جهت شرکت در این مطالعه قدردانی می‌شود.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ گونه تضاد منافی وجود ندارد.

منابع

- Afzalpour ME, Saghebjoo M, Zarban A, Jani M. Comparison of the effects of an acute resistance and aerobic exercise session on the antioxidant defense system and lipid peroxidation of healthy young men. *Journal of Sport in Biomotor Sciences* 2013; 6(2), 39-50.
- Ayala A, Mufioz M, Argiuelles S. Lipid peroxidation: production, metabolism, and signaling mechanisms of malondialdehyde and 4-hydroxy-2-nonenal. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2014; 2014(6), 360438.
- Bailey Sj, Fulford j, Vanhatalo A, et al. Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during Knee extensor exercisr in humans. *J Appl Physiol* 2010; 109,135-148.
- Bailey SJ, Winyard P, Vanhatalo A, Blackwell JR, DiMenna FJ, Wilkerson DP, et al. Dietary nitrate supplementation reduces the O2 cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *J Appl Physiol* 2019; 107(4), 1144-1155.

- Balsalobre-Fernández, C., Romero-Moraleda, B., Cupeiro, R., Peinado, A. B., Butragueño, J., & Benito, P. J. (2018). The effects of beetroot juice supplementation on exercise economy, rating of perceived exertion and running mechanics in elite distance runners: A double-blinded, randomized study. *PloS One* 2018; 13(7), e0200517.
- Bescós, R., Rodríguez, F. A., Iglesias, X., Ferrer, M. D., Iborra, E., & Pons, A. Acute administration of inorganic nitrate reduces VO₂peak in endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43(10), 1979-86.
- Bondonno CP, Downey LA, Croft KD, Scholey A, Stough C, Yang X, et al. The acute effect of flavonoid-rich apples and nitrate-rich spinach on cognitive performance and mood in healthy men and women. *Food Funct* 2014; 5(5), 849-58.
- Boorsma, R. K., Whitfield, J., & Spriet, L. L. Beetroot juice supplementation does not improve performance of elite 1500-m runners. *Med Sci Sports Exerc* 2014; 46(12), 2326-2334.
- El Gamal AA, AlSaid MS, Raish M, Al-Sohaibani M, Al-Massarani SM, Ahmad A, et al. Beetroot (*Beta vulgaris* L.) extract ameliorates gentamicin-induced nephrotoxicity associated oxidative stress, inflammation, and apoptosis in rodent model. *Mediators Inflamm* 2014:983952.
- Fridovich I. Superoxide radical and superoxide dismutases. *Annu Rev Biochem* 1995; 64(1), 97-112.
- Glaister, M., Pattison, J. R., Muniz-Pumares, D., Patterson, S. D., & Foley, P. Effects of dietary nitrate, caffeine, and their combination on 20-km cycling time trial performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2015; 29(1), 165-174
- Gungor E, Cerrah A, Yilmaz I, H T, F G, K.H.C B. effect of coffee consumption on anaerobic performance. *Swd J Scien Res* 2015; 2(12), 14-1.
- Handzlik M, Gleeson M. likely additive ergogenic effects of combined preexercise dietary nitrate and caffeine ingestion in trained cyclists. *Hindawi Publishing Corporation, ISRN Nutrition* 2013; (39), 65-81.
- Hoon M, Jones A, Johnson N, Blackwell J, Broad E, Lundy B, et al. the effect of variable doses of inorganic nitrate-rich beetroot juice on simulated 2000-m rowing performance in trained athletes. *Int J Sport Physio Perfor* 2014; (9), 615-620.
- Janero DR. Malondialdehyde and thiobarbituric acid-reactivity as diagnostic indices of lipid peroxidation and peroxidative tissue injury. *Free Radic Biol Med* 1990; 9(6), 515-540.
- Kimberly Mueller, Hingst Josh. The athletes guide to sports supplements. *Human Kinetics* 95-97.

- Krishnamurthy P, Wadhvani A. Antioxidant enzymes and human health. *Antioxidant Enzyme* 2012; 3-18.
- Kujawska M, Ignatowicz E, Murias M, Ewertowska M, Mikolajczyk K, Jodynis-Liebert J. Protective effect of red beetroot against carbon tetrachloride- and N-nitrosodiethylamine-induced oxidative stress in rats. *J Agric Food Chem* 2009; 57(6), 2570-5.
- Valaei, K., Mehrabani, J., & Wong, A. (). Effects of l-citrulline supplementation on nitric oxide and antioxidant markers after high-intensity interval exercise in young men: A randomised controlled trial. *British Journal of Nutrition* 2021; 1-10.
- Lane S, Hawley J, desbrow B, Jones A, Blackwell J, et al. Single and combined effects of beetroot juice and caffeine supplementation on cycling time trial performance. *Physiol Nutr Metab* 2014; (39), 1050-1057.
- Lansley KE, Winyard PG, Bailey SJ, Vanhatalo A, Wilkerson DP, Blackwell JR, Jones AM. Acute dietary nitrate supplementation improves cycling time trial performance. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43(6), 11-25.
- Larsen FJ, Weitzberg E, Lundberg JO, Ekblom B: Dietary nitrate reduces maximal oxygen consumption while maintaining work performance in maximal exercise. *Free Radic Bio Med* 2010; 48, 342-347.
- Lu X, Wang Y, Zhang Z. Radioprotective activity of betalains from red beet in mice exposed to gamma irradiation. *Euro J Pharma* 2019; 65, 223-227.
- Mahdavi R, Daneghian S, Homayouni A, Jafari A. Effects of caffeine supplementation on oxidative stress, exercise induced muscle damage and leukocytosis. *Pharmaceutical Sciences* 2012; 18(3), 177-182.
- Martínez-Sánchez A, Ramos-Campo DJ, Fernández-Lobato B, Rubio-Arias JA, Alacid F, Aguayo E. Biochemical, physiological, and performance response of a functional Beet juice enriched in L-citrulline during a half-marathon race. *Food Nutr Res* 2017; 61(1), 1330098.
- McMahon N, Pavey T. the effect of dietary nitrate supplementation on endurance exercise performance in healthy adults. *Sport Med* 2017; 47(4), 735-756.
- Murphy M, Eliot K, Heuertz RM, Weiss E. Whole beetroot consumption acutely improves running performance. *J Acad Nutr Diet.* 2012; 112(4), 548-552.

- Nakhostin Rouhi, B. Exercise-induced oxidative stress. Is antioxidants supplementation useful? *Journal of Applied Exercise Physiology* 2017; 12(24), 129-140.
- Noori S. An overview of oxidative stress and antioxidant defensive system. *Sci Rep.* 2012;1(8):1-9.
- Pinna M, Roberto s, Milia R, Marongiu E, Olla S, Loi A, et al. Effect of beetroot juice supplementation on aerobic response during swimming. *Nutrients* 2014; 6, 605-615.
- Rokkedal-Lausch, T., Franch, J., Poulsen, M. K., Thomsen, L. P., Weitzberg, E., Kamavuako, E. N., & Larsen, R. G. Chronic high-dose beetroot juice supplementation improves time trial performance of well-trained cyclists in normoxia and hypoxia. *Nitric Oxide* 2019; 85, 44-52.
- Stecker R, Harty P, Jagim A, Candow D, Kerksick CH. Timing of ergogenic aids and micronutrients on muscle and exercise performane. *J Int Society of Sports Nutrition* 2019; 16, 37.
- Tarazona-Díaz MP, Alacid F, Carrasco M, Martínez I, Aguayo E. Beet juice: potential functional drink for sore muscle relief in athletes. *J Agric Food Chem* 2013; 61(31), 7522-8.
- Thompson K, Turner L, Prichard J, Dodd F, Kennedy D, Haskell C, et al. Influence of dietary nitrate supplementation on physiological and cognitive responses to incremental cycle exercise. *Respiratory Physiology & Neurobiology* 2014; 193, 11-20.
- Vernon, B., Bryan, H., Curry, R., George Adams, M. (2014). Effects of nitrate supplementation on cardiovascular and autonomic reactivity in african-american females. *International Scholarly Research Notices* 2014; 23, 676235.
- Wootton-Beard P, Ryan L. A beetroot juice shot is a significant and convenient source of bioaccessible antioxidants. *J Functional Foods* 2011; (3), 329-334.
- Wylie L, Bailey S, Kelly J, Blackwell J, Vanhatalo A, Jones A. Influence of beetroot juice supplementation on intermittent exercise performance. *Eur J Appl Pysiol* 2016; 116, 415-425.

Short-term effect of caffeine and beetroot juice supplementation on antioxidative variables and performance in endurance athletes

Maryam SedighianRad, Javad Mehrabani *

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

*Corresponding author: mehrabanij@guilan.ac.ir

Abstract

Background & Purpose: Intense and prolonged physical exercise can lead to oxidative stress. Therefore, many supplements can prevent exercise-induced oxidative stress. The aim of this study was to investigate the effect of short-term supplementation of caffeine-beet juice on antioxidants and exercise performance in endurance athletes.

Methodology: This study was performed in a short-term, counterbalanced, double-blind, cross-over and randomized study that included 7-day supplementation-placebo. Ten male runners (age: 27.5 ± 3.8 , weight: 69.9 ± 7.8 , height: 176.7 ± 7) were divided in: 1-placebo [PLB] (beetroot juice without nitrate); 2- low dose beetroot juice [BRJ] (140ml BJ+4.8mmol nitrate+200mg caffeine); 3- high dose BRJ [BRJX] (140ml beet juice+9.6mmol nitrate+400mg caffeine). These supplements were taken with 250ml of water twice a day. The Trials were performed during 8 days with 14 days washout. Exercise protocol included 5km running with maximal effort.

Results: The results showed that BRJX supplementation caused a significant increase in antioxidative enzymes (SOD, CAT, GPx) ($p < 0.05$). Also, high and low doses of supplementation had a significant effect on endurance performance ($p < 0.05$).

Conclusion: It can be concluded that high and low doses beetroot-caffeine juice supplementation has a beneficial effect on antioxidants enzymes and exercise performance in endurance athletes. Therefore, it is recommended to use this supplement before endurance exercise to prevent exercise-related oxidative damage and faster reduction of blood lactate and improve performance.

Key Words: Caffeine, Beetroot Juice, Antioxidants, Endurance Performance