

پژوهش‌های فیزیولوژی و مدیریت در ورزش

دوره ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸

ص ص: ۲۳-۳۱

تأثیر مکمل‌دهی حاد ال-کارنیتین بر آستانه بی‌هوازی طی فعالیت بیشینه در دوندگان نیمه‌استقامت

وحید اسکندری پور^۱ - علی اکبر نژاد^{۲*} - فاطمه شبخیز^۳

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران، تهران، ایران ۳۰۲. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکده

تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۶/۱۰/۱۳۹۶، تاریخ تصویب: ۲۴/۰۴/۱۳۹۷)

چکیده

بالا بردن آستانه بی‌هوازی به کاهش انباشت لاکتات، به تعویق انداختن خستگی و بهبود عملکرد ورزشی منجر می‌شود؛ بنابراین هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر مکمل‌دهی حاد ال-کارنیتین بر آستانه بی‌هوازی طی فعالیت بیشینه در دوندگان دانشگاهی بود. بدین منظور ۱۲ دونده تمرین‌کرده دانشگاهی با سابقه تمرینی حداقل ۳ سال با میانگین سن: $23 \pm 2/93$ سال، وزن: $66/7 \pm 0/21$ کیلوگرم، قد: $176/6 \pm 0/49$ سانتی‌متر و شاخص توده بدن: $21/27 \pm 1/35$ کیلوگرم بر مترمربع داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند و به‌طور تصادفی به دو گروه مکمل و دارونما تقسیم شدند. طرح مطالعه به‌صورت متقاطع و دوسوکور بود. ۹۰ دقیقه پیش از اجرای پروتکل ورزشی دو گرم ال-کارنیتین به گروه مکمل و به گروه کنترل پلاسیبو داده شد. نمونه‌گیری خونی پیش و پس از اتمام پروتکل ورزشی کانکانی به‌منظور سنجش تغییرات لاکتات خون انجام گرفت. به‌منظور برآورد نسبت تبادل تنفسی و نقطه شکست ضربان قلب از دستگاه گاز آنالایزر استفاده شد. پس از یک دوره هفت‌روزه جای گروه‌ها تغییر کرد و مراحل پیشین مجدداً تکرار شد. به‌منظور تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس یکطرفه و آزمون تعقیبی LSD در سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ استفاده شد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد مکمل‌دهی ال-کارنیتین، سبب بهبود چشمگیر در مدت زمان ($P=0/001$) و مسافت طی‌شده تا آستانه بی‌هوازی ($P=0/001$)، نسبت تبادل تنفسی ($P=0/001$)، تجمع لاکتات ($P=0/001$) در مقایسه با گروه دارونما شد؛ اما تأثیر زیادی در به تعویق انداختن نقطه شکست ضربان قلب ($P=0/173$) در سرعت‌های بالاتر نداشت. با توجه به نتایج می‌توان نتیجه گرفت که مکمل‌دهی حاد ال-کارنیتین موجب به تعویق انداختن خستگی و نیز بهبود عملکرد ورزشی دوندگان می‌شود.

واژه‌های کلیدی

آستانه بی‌هوازی، ال-کارنیتین، دوندگان نیمه‌استقامت، مکمل‌دهی حاد، نقطه شکست ضربان قلب.

مقدمه

امروزه برای بسیاری از ورزشکاران مکمل‌های غذایی عاملی جهت بهبود عملکرد در جریان فعالیت‌های تمرینی و رقابتی، است. تولیدکنندگان کمابیش مدعی بهبود عملکرد ورزشکاران توسط این مواد هستند (۱). از دیرباز، به اوج رساندن عملکرد و توانایی ورزشکاران و حفظ آن، از لحاظ فیزیولوژیکی و روانی، در رقابت‌ها و مسابقات، مورد توجه بوده و هنر مربیان به‌شمار رفته است (۲). در همین زمینه، مربیان، با توجه به پیشرفت‌های چشمگیر در علوم ورزشی، علاوه بر تمرینات آماده‌سازی، از راهکارهای مختلفی برای رساندن ورزشکاران به اوج عملکرد بهره می‌گیرند که می‌توان به مواردی چون استراحت، شیوه‌های ریکاوری، تغذیه مناسب و مصرف مکمل‌های غذایی اشاره کرد (۲). با توجه به پیشرفت‌های اخیر در حوزه علوم ورزشی برای بالا بردن سطح عملکرد ورزشکاران از شاخص‌های متفاوتی همچون آستانه بی‌هوایی و میزان لاکتات استفاده می‌شود. در این زمینه اصولاً مربیان و ورزشکاران برای بالا بردن آستانه بی‌هوایی و کاهش انباشتگی لاکتات و نیز تحمل بیشتر در برابر خستگی از مکمل‌ها یا روش‌های تمرینی خاص استفاده می‌کنند (۳). در شرایط کمبود اکسیژن سلولی اسیدلاکتیک محصول نهایی گلیکولیز است که عامل اصلی خستگی عضلانی محسوب می‌شود. با افزایش شدت فعالیت ورزشی، بدن برای تأمین انرژی مورد نیاز از گلیکولیز بی‌هوایی استفاده می‌کند که پیامد آن انباشت لاکتات است (۴). افزایش سطوح لاکتات در عضلات و همچنین خون، به اختلال عملکرد سیستم عضلانی منجر می‌شود و ظرفیت فیزیولوژیکی ورزشکار را محدود می‌کند، در نتیجه امکان تولید انرژی بیشتر از طریق مکانیسم‌های هوایی و بی‌هوایی را محدود می‌سازد (۵).

مصرف سوبستراهای مختلف، موجب فعال شدن سیستم‌های مختلف تولید انرژی در بدن می‌شود. برای مثال مصرف اسیدهای چرب به‌عنوان سوخت در بدن، موجب فعال شدن مسیر هوایی می‌شود که تولید اسیدلاکتیک حین اجرای فعالیت را محدود می‌سازد (۱)؛ بنابراین اصولاً مربیان و ورزشکاران برای بالا بردن آستانه بی‌هوایی و کاهش انباشتگی لاکتات و همچنین تحمل بیشتر در برابر خستگی از مکمل‌ها یا روش‌های تمرینی خاص استفاده می‌کنند (۳). یکی از این مکمل‌های مورد استفاده ال-کارنیتین است. ال-کارنیتین، اسید آمینه غیرضروری است که در انسان هم از طریق رژیم غذایی و هم در بیوسنتز سلولی با استفاده از اسیدهای آمینه ضروری لیزین و متیونین تولید می‌شود. منابع غذایی اصلی کارنیتین گوشت قرمز، ماهی و فراورده‌های لبنی است (۶). این مکمل اولین بار در سال ۱۹۰۵ کشف و سپس به‌عنوان عامل ضروری رشد در برنامه‌های غذایی گنجانده شد. به دلیل اهمیت کارنیتین به‌عنوان یک ماده مغذی، تحقیقات گسترده‌ای در زمینه نقش آن در ورزشکاران و دیگر افراد صورت گرفته است (۷). ال-کارنیتین برای بیوانرژی طبیعی عضلات اسکلتی، حیاتی است؛ ابتدا اینکه ال-کارنیتین برای سوخت‌وساز اسیدهای چرب مورد نیاز است؛ دوم اینکه ال-کارنیتین در خارج کردن گروه‌های آسیل اضافی از درون میتوکندری کمک می‌کند؛ و سوم اینکه نقش مهمی را در سم‌زدایی ایفا می‌کند که در کل، عضلات بدن به عملکرد بهینه این فرایندهای متابولیکی در حین اوج تمرین نیاز دارند (۱). فعالیت ورزشی شدید یا فزاینده به تجمع لاکتات همراه با کاهش pH سرم می‌انجامد. سطوح بالای اسیدلاکتیک، اسیدیته را در خون و بافت‌ها افزایش می‌دهد که خستگی و کاهش تولید ATP را به دنبال دارد. ال-کارنیتین مهارکننده آنزیم کلیدی بی‌هوایی

داشت (۱۴)؛ اما در پژوهش باراکو و همکاران مکمل‌دهی ال-کارنیتین تأثیری بر سطح لاکتات، گلوکز و اسیدهای چرب آزاد پلازما در موش‌ها نداشت (۱۵). همچنین در پژوهش اسمیت و همکاران (۲۰۰۸) در پی مصرف ال-کارنیتین بر عملکرد هواری و بی‌هواری متعاقب ۸ هفته تمرین استقامتی تأثیر چشمگیری مشاهده نشد (۱۶).

حفظ بالاترین سرعت دویدن در طول مسابقه برای موفقیت دوندگان نیمه‌استقامت (دوندگان دوهای ۸۰۰، ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ متر) بسیار مهم در نظر گرفته شده است و بالا بردن آستانه بی‌هواری با کاهش انباشت لاکتات و به تعویق انداختن خستگی، به حفظ سرعت دویدن و نهایت بهبود عملکرد ورزشی منجر می‌شود. از طرفی بررسی پژوهش‌های پیشین نشان داد که اثربخشی مکمل‌یاری ال-کارنیتین بر متغیرهای مؤثر در بهبود عملکرد ورزشی دارای نتایج ضدونقیض است و بیشتر مطالعات تأثیرات مزمن مکمل‌یاری ال-کارنیتین را بررسی کرده‌اند. همچنین جامعه آماری دونده‌های نیمه‌استقامت که آستانه بی‌هواری و تحمل لاکتات در عملکرد ورزشی آنها بسیار مؤثر است، مورد توجه قرار نگرفته است. بنابراین هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر مکمل‌دهی حاد ال-کارنیتین بر آستانه بی‌هواری، نقطه شکست ضربان قلب، نسبت تبادل تنفسی، تحمل لاکتات، زمان و مسافت طی شده تا رسیدن به آستانه بی‌هواری حین فعالیت بیشینه در دوندگان دانشگاهی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به روش نیمه‌تجربی و به صورت طرح تحقیقی متقاطع دوسوکور انجام گرفت. تعداد ۱۲ نفر از دانشجویان دانشگاه تهران که به طور منظم در سه سال اخیر در رشته دوومیدانی فعال بوده‌اند، با میانگین سن: $23/2 \pm 2/2$ سال، وزن: $66/0 \pm 7/21$ کیلوگرم، قد:

فسفوفروکتوکیناز^۱ است و سبب کاهش سرعت گلیکولیز می‌شود. مکمل‌سازی کارنیتین، تجمع اسیدلاکتیک پلازما هنگام ورزش را کاهش می‌دهد (۸). ال-کارنیتین نسبت استیل کوآ به کوآ را کاهش می‌دهد که این عامل فعالیت پیرووات دهیدروژناز را تحریک می‌کند. تصور بر این است که تبدیل پیرووات به استیل کوآ و سنتز استیل کارنیتین به دلیل فعالیت بیشتر پیرووات دهیدروژناز پس از بارگیری ال-کارنیتین افزایش می‌یابد. از طرف دیگر، مکمل‌سازی کارنیتین فعالیت لاکتات دهیدروژناز را که پیرووات را به لاکتات برمی‌گرداند، کاهش داده و در نتیجه تولید اسیدلاکتیک هنگام فعالیت ورزشی را کاهش می‌دهد (۹). در واقع مطالعات زیادی دلالت بر این دارند که بهبود عملکرد ورزشی و اکسیژن مصرفی بیشینه در ورزشکاران نخبه و حتی غیرحرفه‌ای، به ویژه هنگامی که با دوزهای بالای ال-کارنیتین برای یک دوره طولانی مدت مکمل‌دهی شده بودند، مشاهده شد (۱۰، ۱۱). تحقیقات متعددی روی تأثیر مکمل‌دهی ال-کارنیتین، آستانه بی‌هواری، نسبت تبادل گازهای تنفسی و غلظت لاکتات صورت گرفته است که برخی از آنها کاهش در غلظت لاکتات را گزارش کرده و برخی هیچ‌گونه تغییری را مشاهده نکرده‌اند (۱۲، ۱۳). همچنین گزارش شده مکمل‌یاری حاد ال-کارنیتین موجب بهبود میزان لاکتات، گلوکز خون، حداکثر اکسیژن مصرفی، توان بی‌هواری و نیز بهبود عملکرد ورزشی در مردان ورزشکار می‌شود (۱۲). در پژوهش دیگری نورشاهی و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه دوسوکور و متقاطع تأثیر مکمل‌دهی ال-کارنیتین را به صورت حاد بر روی نقطه شکست ضربان قلب بررسی کردند که نتایج نشان داد مکمل‌دهی حاد ال-کارنیتین تأثیر معناداری در به تأخیر انداختن نقطه شکست ضربان قلب در سرعت‌های بیشتر

1 . Phosphofruktokinase

به تغییرات ضربان قلب و نسبت تبادل تنفسی توسط دستگاه گاز آنالیز مدل k4b2 ساخت شرکت COSMED ایتالیا ثبت شد. مرحله دوم آزمون پس از یک هفته اجرا شد. به علت متقاطع بودن طرح تحقیق نتایج و رکورد آزمودنی‌ها در مرحله نخست به آنها اعلام نشد تا در پی بهبود آن در مرحله دوم نباشند. طبیعی بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس‌ها از طریق آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و لون تأیید شد. به منظور تجزیه و تحلیل یافته‌ها از آزمون تحلیل واریانس یکطرفه و آزمون تعقیبی LSD در سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ استفاده شد.

نتایج

نتایج نشان داد که با مصرف مکمل ال-کارنیتین به شکل حاد، مدت زمان طی شده تا آستانه بی‌هوازی در گروه مکمل ال-کارنیتین ($20/4 \pm 2/05$) در مقایسه با گروه دارونما ($17/2 \pm 7/25$)، ۱۵ درصد افزایش یافت. تجمع لاکتات در گروه مکمل ال-کارنیتین ($8/1 \pm 1/1$) در مقایسه با گروه دارونما ($9/1 \pm 3/3$)، ۱۲ درصد کاهش نشان داد. همچنین در نسبت تبادل تنفسی به دست آمده از دو گروه، گروه مکمل ال-کارنیتین ($1/0 \pm 0/4/05$) در مقایسه با گروه دارونما ($1/0 \pm 0/1/05$)، ۳ درصد افزایش وجود داشت؛ همچنین مسافت طی شده تا آستانه بی‌هوازی ۲۶ درصد در گروه مکمل (2342 ± 369) نسبت به گروه دارونما (2952 ± 480) افزایش یافت.

۱۷۶/۶±۰۰/۴۹ سانتی‌متر و شاخص توده بدن: ۲۱/۱±۲۷/۳۵ کیلوگرم بر مترمربع پس از تکمیل رضایت‌نامه و پرسشنامه سلامت و پرسشنامه سابقه تمرینی به‌طور داوطلبانه در تحقیق شرکت کردند. سپس به‌طور تصادفی به دو گروه مساوی شش‌نفره مکمل و دارونما تقسیم شدند. پیش از آغاز اجرای آزمون از آزمودنی‌ها خواسته شد که از مصرف مواد لبنی، قهوه، گوشت قرمز و تمرینات شدید حداقل یک روز پیش از اجرای آزمون امتناع ورزند و خود را در شرایط عادی برای انجام آزمون قرار دهند و همچنین از حداقل ۸ ساعت پیش از آغاز اجرای آزمون در حالت ناشتا باشند. در صبح روز آزمون متغیرهای پیکرسنجی و آنترپومتری اندازه‌گیری شد. مکمل شامل ۴ قرص ۵۰۰ میلی‌گرمی ال-کارنیتین تولیدشده در شرکت کارن فارما ساخت ایران و دارای تأییدیه سازمان غذا و دارو بود که در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب حل شده بود و مقداری آبلیمو به آن افزوده شده و دارونما نیز شامل ۲۰۰ میلی‌لیتر آب همراه با مقداری آبلیمو بود که ۹۰ دقیقه قبل از اجرای پروتکل مصرف شدند. پیش از اجرای آزمون میزان لاکتات خون آزمودنی‌ها توسط دستگاه لاکتومتر scout ساخت آلمان اندازه‌گیری شد و سپس آزمودنی‌ها پروتکل تعدیل‌یافته کانکانی (شروع با سرعت شش کیلومتر بر ساعت و افزایش سرعت به میزان ۰/۴ کیلومتر بر ساعت در هر دقیقه تا رسیدن به واماندگی) را اجرا کردند و بلافاصله پس از اتمام آزمون میزان لاکتات خون آزمودنی‌ها توسط دستگاه لاکتومتر مجدداً اندازه‌گیری شد. داده‌های مربوط

جدول ۱. ویژگی‌های آزمودنی‌های مورد مطالعه

سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع)	تعداد آزمودنی‌ها
۲۳/۲±۳۳/۹۳	۱۷۶/۶±۰۰/۴۹	۶۶/۷±۰۰/۲۱	۲۱/۱±۲۷/۳۵	۱۲

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل واریانس یکراهه و آزمون تعقیبی LSD بین گروهی در گروه‌های مختلف تحقیق

متغیر	گروه مکمل	گروه دارونما	بین P	درصد اختلاف
	میانگین \pm انحراف معیار	میانگین \pm انحراف معیار	گروهی	
زمان طی شده تا آستانه بی‌هواری (دقیقه)	۲۰/۲ \pm ۴/۰۵	۱۷/۲ \pm ۷/۲۵	۰/۰۰۱	۱۵
تجمع لاکتات	۸/۱ \pm ۱/۱	۹/۱ \pm ۳/۳	۰/۰۰۱	۱۲
نسبت تبادل تنفسی	۱/۰ \pm ۰۴/۰۵	۱/۰ \pm ۰۱/۰۵	۰/۰۰۱	۳
سرعت در نقطه شکست ضربان قلب	۱۳/۰ \pm ۰۶/۷	۱۲/۱ \pm ۰۹/۳	۰/۱۷۳	۰/۵
مسافت طی شده تا آستانه بی‌هواری (متر)	۲۳۴۲/۳۶۹ \pm ۰/۰	۲۹۵۲/۴۸۰ \pm ۰/۰	۰/۰۰۱	۲۶

بحث

هدف از تحقیق حاضر، بررسی تأثیر مصرف مکمل‌دهی حاد ال-کارنیتین بر آستانه بی‌هواری و نقطه شکست ضربان قلب طی یک فعالیت بیشینه در دوندگان نیمه‌استقامتی بود. یافته‌های پژوهش نشان داد که مصرف حاد مکمل ال-کارنیتین به افزایش معنی‌دار در نسبت تبادل تنفسی، زمان و مسافت طی شده تا آستانه بی‌هواری و کاهش معنی‌دار در تجمع لاکتات منجر شد. همچنین با توجه به داده‌های به‌دست‌آمده از منحنی ضربان قلب و سرعت، مکمل‌دهی ال-کارنیتین موجب به تأخیر انداختن نقطه شکست ضربان قلب در حین سرعت‌های بالاتر نشده بود. در مورد تأثیر مکمل ال-کارنیتین بر آستانه بی‌هواری و عملکرد ورزشی تحقیقات مختلفی وجود دارد که با توجه به مقدار مصرف مکمل، نوع آزمودنی و روش تحقیق، نتایج متفاوتی داشته است. نتایج حاضر در زمینه افزایش مدت زمان رسیدن به آستانه بی‌هواری و بهبود عملکرد ورزشی با نتایج مطالعات لانچا و همکاران (۱۹۹۵)، اراضی و همکاران (۲۰۱۱)، جاکوبز و همکاران (۲۰۱۴)، نورشاهی و همکاران (۲۰۰۹)، اورر و همکاران (۲۰۱۴) و وایس و همکاران (۱۹۹۰) همسویی داشت (۱۶-۱۹، ۱۴). علت این همسویی در این مطالعات احتمالاً مکمل‌دهی به‌صورت حاد و در فواصل زمانی ۹۰ تا ۱۲۰ دقیقه پیش از اجرای آزمون بوده است. در مطالعه لانچا زمان رسیدن به آستانه بی‌هواری، پس از

مصرف ۹۰۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین در روز به مدت ۵ هفته، ۴۲ درصد افزایش یافت. البته در این مطالعه علاوه بر ال-کارنیتین از اسپاراتات اسپارژین نیز استفاده شده بود. از طرفی آزمودنی‌های مورد مطالعه آنان موش بود، در نتیجه اثرات مشاهده‌شده احتمالاً فقط به ال-کارنیتین مربوط نمی‌شود. در مطالعه ساچان و همکاران نیز مصرف ال-کارنیتین همراه با کولین و کافئین موجب افزایش در مدت زمان رسیدن به آستانه بی‌هواری شد. این مطالعه نیز بر روی موش‌ها انجام گرفته بود و با توجه به تداخل مکمل‌ها، این بهبود عملکرد را نمی‌توان تنها به ال-کارنیتین مرتبط دانست (۲۰)؛ اما برخلاف نتایج مطالعه حاضر، مکمل‌دهی ال-کارنیتین در مطالعات کولومبانی و همکاران (۱۹۹۶) دو گرم ال-کارنیتین خوراکی دو ساعت پیش از آغاز فعالیت ورزشی، تراپ و همکاران (۱۹۹۴)، اسمیت و همکاران (۲۰۰۸)، رانسون و همکاران (۱۹۹۷)، راسپر و همکاران (۱۹۹۴)، مراند و همکاران (۲۰۱۳)، بر زمان رسیدن به آستانه بی‌هواری و بهبود عملکرد ورزشی تأثیری نداشت (۲۱-۲۳، ۱۶). مطالعات انجام‌گرفته در زمینه اثر ال-کارنیتین بر سطح عملکرد ورزشی از لحاظ تعداد آزمودنی‌ها، میزان مکمل‌دهی و نوع فعالیت انجام‌گرفته با هم تفاوت دارند که ممکن است، همین تفاوت و تنوع در طراحی مطالعه، به ارائه نتایج متفاوتی منجر شده باشد. کاهش معناداری در تجمع لاکتات در گروه مکمل نسبت به گروه دارونما طی یک فعالیت بیشینه مشاهده شد

مکمل‌دهی به عدم معناداری متغیر موردنظر منجر شده است. به طوری که نسبت تبادل تنفسی در تحقیقاتی که آزمون‌های با شدت ثابت استفاده کرده بودند، کاهش یا بدون تغییر ماند، زیرا میزان تولید متابولیت‌هایی مانند لاکتات چندان افزایش نمی‌یابد که برای بافری نمودن آن بدن وادار به دفع دی‌اکسیدکربن بیشتری شود و متعاقب آن نسبت تبادل تنفسی افزایش یابد. در فعالیت‌های ورزشی زیر بیشینه طولانی‌مدت که وجود اسیدهای چرب آزاد در دسترس عضله زیاد است، مصرف ال-کارنیتین موجب افزایش سوخت‌وساز اسیدهای چرب می‌شود، اما در ورزش‌های بیشینه که نیاز عضلات به سوبستراهای در دسترس است، ال-کارنیتین از طریق فعال‌سازی آنزیم پیرووات دهیدروژناز موجب سوختن کربوهیدرات‌ها (گلوکز و گلیکوژن) می‌شود (۹). بنابراین در ورزش‌های بیشینه، مصرف ال-کارنیتین موجب تسهیل فرایند سوخت‌وسازی از طریق چرخه کربس می‌شود (۹). تمرینات استقامتی موجب افزایش نقش چربی‌ها در تولید انرژی حین فعالیت ورزشی زیر بیشینه طولانی‌مدت می‌شوند، از این رو انتخاب آزمودنی‌های نخبه، می‌تواند تأثیرات مکمل‌دهی ال-کارنیتین را در سوخت‌وساز چربی به شکل بهتری نشان دهد یا اینکه در ورزشکاران نخبه استقامتی احتمال کمبود نسبی ذخایر ال-کارنیتین وجود دارد (۱۰). همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مکمل‌دهی ال-کارنیتین تأثیر معناداری در به تأخیر انداختن نقطه شکست ضربان قلب در سرعت‌های بالاتر ندارد که با نتایج مطالعه نورشاهی و همکاران (۲۰۰۹) ناهمسو بود (۱۴). احتمالاً این ناهمسویی به دلیل نوع آزمودنی‌ها به کارگرفته شده در تحقیق بوده است. همچنین مطالعات محدودی در زمینه تأثیر مکمل ال-کارنیتین در تغییر نقطه شکست ضربان قلب به عنوان فاکتور غیرتهاجمی در برآورد آستانه بی‌هوازی و لاکتات انجام گرفته است. مکانیسم‌های احتمالی درگیر در تعیین

که با مطالعات سیلیپراندی و همکاران (۱۹۹۰)، وکوویچ و همکاران (۱۹۹۴) و باکورا و همکاران (۲۰۰۳) همسو بود (۲۵،۲۴،۱۵). همچنین در مطالعات واچر و همکاران (۲۰۰۲)، وولک و همکاران (۲۰۰۱) و دکمبز و همکاران (۱۹۹۳) مکمل‌دهی ال-کارنیتین تأثیری بر سطوح لاکتات خون نداشت (۲۶-۲۸). بررسی و مقایسه دقیق نتایج مطالعات مکمل‌دهی طولانی‌مدت با نتایج مطالعات مکمل‌دهی حاد دشوار و پیچیده است. از آنجا که عمده مطالعات انجام‌گرفته از نظر تعداد آزمودنی‌ها، میزان آمادگی جسمانی آزمودنی‌ها، دوز مکمل به کاربرده شده، شدت فعالیت ورزشی و نوع مکمل مورد استفاده با هم تفاوت دارند. شاید علت اصلی در تفاوت نتایج به دست آمده در زمینه سطوح لاکتات ناشی از تنوع در پروتکل به کار رفته باشد. همچنین نتایج نشان داد که مکمل‌دهی حاد ال-کارنیتین تأثیر معناداری بر نسبت تبادل تنفسی در گروه مکمل نسبت دارونما دارد. در این زمینه مطالعاتی وجود دارد که کاهش نسبت تبادل تنفسی را گزارش نکرده‌اند، به گونه‌ای که نشان دادند ال-کارنیتین بر مصرف سوبسترا تأثیر دارد. در حمایت از این فرضیه‌ها، وایس و همکاران (۱۹۹۰) و گروسیتیجا و همکاران (۱۹۸۹) افزایش در مصرف چربی‌ها را گزارش کردند که پیامد آن صرفه‌جویی کربوهیدرات‌ها در تمرین بود که با نتایج مطالعه حاضر همسو بود (۱۹،۹). از طرفی نتایج تحقیق واچر و همکاران (۲۰۰۲)، گالوی و همکاران (۲۰۰۲) و کولومبانی و همکاران (۱۹۹۶)، با نتایج مطالعه حاضر از نظر تغییر در نسبت تبادل تنفسی همسو نبوده است (۲۹،۲۸،۱۰). از آنجا که نسبت تبادل تنفسی تا حدودی بیانگر نوع سوبسترای مصرفی در بدن انسان است، احتمالاً عواملی همچون سابقه ورزشی آزمودنی‌ها در رشته‌های مختلف ورزشی با توجه به نوع سیستم انرژی درگیر و کاهش جذب ال-کارنیتین در ورود به خون، نوع پروتکل تمرینی (فزاینده و تداومی) و زمان

همسویی نداشتند (۱۹). با توجه به اینکه در این مطالعات از آزمودنی‌های غیرفعال استفاده کرده بودند و در شرایط تمرین بیشینه قرار گرفتند، قابل استنتاج است که این آزمودنی‌ها نمی‌توانستند بازده عملکردی بالایی حین اجرای پروتکل داشته باشند. همچنین افراد غیرفعال نسبت به افراد فعال به‌خوبی نمی‌توانند ال-کارنیتین را جذب و ذخیره کنند، زیرا محل اصلی ذخیره‌سازی ال-کارنیتین در انسان درون عضلات اسکلتی است و در توانایی تمرین در شدت‌های بالا نسبت به افراد فعال در سطح پایین‌تری هستند (۱۹).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان توصیه کرد که در ورزش‌های با شدت بیشینه و در افراد فعال و نیز دوندگان نیمه‌استقامتی می‌توان از مکمل ال-کارنیتین برای به تعویق انداختن خستگی، بهبود عملکرد ورزشی و سوخت‌وساز بهینه گلوکز استفاده کرد.

نقطه شکست ضربان قلب مواردی همچون عملکرد قلبی، تأثیر هورمون‌های اپی‌نفرین و نور اپی‌نفرین، سیستم عصبی و سطوح پتاسیم گزارش شده است. در مورد تأثیر مصرف حاد ال-کارنیتین در میزان مسافت طی‌شده تا آستانه بی‌هوازی، نتایج نشان داد که مکمل‌دهی ال-کارنیتین سبب افزایش مسافت طی‌شده تا آستانه بی‌هوازی در مقایسه با گروه دارونما شد. افزایش مسافت طی‌شده همراه با افزایش مدت زمان اجرای پروتکل بود و نشان می‌دهد که با مکمل‌دهی ال-کارنیتین علاوه بر به تعویق انداختن زمان رسیدن به آستانه بی‌هوازی، آزمودنی قادر به حفظ شرایط پایدار در حین اجرای فعالیت است. نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های مطالعات سیلپراندی و همکاران (۱۹۹۰) همسویی داشت (۲۴). علت همسویی نیز احتمالاً این بوده است که در این مطالعات نیز همچون مطالعه حاضر مکمل‌دهی به‌صورت حاد و در فاصله زمانی ۹۰ تا ۱۲۰ دقیقه پیش از اجرای فعالیت موردنظر انجام گرفته بود. همچنین آزمودنی‌های مورد مطالعه فعال بودند. نتایج مطالعات وایس و همکاران (۱۹۹۰) با نتایج مطالعه حاضر

منابع و مأخذ

1. Karlic H, Lohninger A. "Supplementation of L-carnitine in athletes: does it make sense?". Nutrition. 2004; 20: 709-715.
2. McNeely E, Sandler D. "Tapering for Endurance Athletes". Strength & Conditioning Journal. 2007; 29: 18-24.
3. Monedero J, Donne B. "Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance". International journal of sports medicine. 2000; 21: 593-597.
4. Hultman E, Spriet L, Söderlund K. "Biochemistry of muscle fatigue". Biomedica biochimica acta. 1985; 45: 97-106.
5. Durkot MJ, De Garavilla L, Caretti D, Francesconi R. "The effects of dichloroacetate on lactate accumulation and endurance in an exercising rat model". International journal of sports medicine. 1995; 16: 167-171.
6. Vecchiet L, Lisa FDi, Perialisi G, and et al. "Influence of L-carnitine administration on maximal physical exercise". European journal of applied physiology and occupational physiology. 1990; 61: 486-490.

7. Galloway SD, Broad EM. "Oral L-carnitine supplementation and exercise metabolism". Monatshefte für Chemie/Chemical Monthly. 2005; 136: 1391-1410.
8. Novakova K, Kummer O, Bouitbir J, Stoffel SD, Hoerler-Koerner U, Bodmer M, et al. "Effect of l-carnitine supplementation on the body carnitine pool, skeletal muscle energy metabolism and physical performance in male vegetarians". European journal of nutrition. 2016; 55(1):207-17.
9. Heinonen O J. "Carnitine and physical exercise". Sports Medicine. 1996; 22: 109-132.
10. Colombani P, Wenk C, Kunz I, Krähenbühl S, Kuhnt M, Arnold M, and et al. "Effects of L-carnitine supplementation on physical performance and energy metabolism of endurance-trained athletes: a double-blind crossover field study". European journal of applied physiology and occupational physiology. 1996; 73: 434-439.
11. Oyono-Enguelle S, Freund H, Ott C, Gartner M, Heitz A, Marbach J, and et al. "Prolonged submaximal exercise and L-carnitine in humans". European journal of applied physiology and occupational physiology. 1988; 58(1-2):53-61.
12. Brass EP, Hiatt WR. "The role of carnitine and carnitine supplementation during exercise in man and in individuals with special needs". Journal of the American College of Nutrition. 1998; 17: 207-215.
13. Gladden L. "Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium". The Journal of physiology. 2004; 558: 5-30.
14. Nourshahi M, Kaviani M, Kimiagar M, KH Ebrahim. "The effects of acute L-carnitine supplementation on anaerobic threshold and lactate accumulation during an incremental exercise". Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology. 2009; 4: 45-52.
15. Bacurau RF, Navarro F, Bassit RA, Meneguello MO, Santos RV, Almeida AL and et al. "Does exercise training interfere with the effects of l-carnitine supplementation?". Nutrition. 2003; 19(4): 337-341.
16. Smith WA, Fry AC, Tschume LC, Bloomer RJ. "Effect of Glycine Propionyl-L-Carnitine on Aerobic-and Anaerobic-Exercise Performance". International journal of sport nutrition and exercise metabolism. 2008; 18: 19-36.
17. Jacobs PL, Goldstein ER, Blackburn W, Orem I, Hughes JJ. "Glycine propionyl l-l-carnitine produces enhanced anaerobic work capacity with reduced lactate accumulation in resistance trained males". Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2009; 2:6-9.
18. Orer GE, Guzel NA. "The effects of acute L-carnitine supplementation on endurance performance of athletes". The Journal of Strength & Conditioning Research. 2014; 28: 514-519.
19. Wyss V, Ganzit G, Rienzi A. "Effect of L-carnitine administration on Vo2max and the aerobic-anaerobic threshold". J. Appl. Physio. 1990; 60: 1-6.
20. Barnett C, Costill DL, Vukovich MD, Cole KJ, Goodpaster BH, Trappe SW, and et al. "Effect of L-carnitine supplementation on muscle and blood carnitine content and lactate accumulation during high-intensity sprint cycling". International journal of sport nutrition. 1994; 4: 280-288.
21. Morand R, Bouitbir J, Felser A, Hench J, Handschin C, Frank S and et al. "Effect of carnitine, acetyl-, and propionylcarnitine supplementation on the body carnitine pool, skeletal muscle composition, and physical performance in mice". European journal of nutrition. 2014; 53: 1313-1325.
22. Ransone JW, Lefavi RG. "The Effects of Dietary L-Carnitine on Anaerobic Exercise Lactate in Elite Male Athletes". The Journal of Strength & Conditioning Research. 1997; 11: 4-7.

23. Rasper C, Reeves B, Flynn M. “**l-carnitine supplementation and running performance**”. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1994; 26: 39-46.
24. Siliprandi N, Lisa F Di, Menabó R. “**Clinical use of carnitine past, present and future, in Cirrhosis, hepatic encephalopathy, and ammonium toxicity**”, ed: Springer. 1990; 272: 175-181.
25. Vukovich MD, Costill DL, Fink WJ. “**Carnitine supplementation: effect on muscle carnitine and glycogen content during exercise**”. *Medicine and science in sports and exercise*. 1994; 26: 1122-1129.
26. Decombaz J, Deriaz O, Acheson K, Gmuender B, Jequier E. “**Effect of L-carnitine on submaximal exercise metabolism after depletion of muscle glycogen**”. *Medicine and science in sports and exercise*. 1993; 25(6):733-40.
27. Volek JS, Kraemer WJ, Rubin MR, Gómez AL, Ratamess NA, Gaynor P. “**L-Carnitine L-tartrate supplementation favorably affects markers of recovery from exercise stress**”. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 2002; 282(2): 474-82.
28. Wächter S, Vogt M, Kreis R, Boesch C, Bigler P, Hoppeler H, Krähenbühl S. “**Long-term administration of L-carnitine to humans: effect on skeletal muscle carnitine content and physical performance**”. *Clinica Chimica Acta*. 2002; 318(1-2): 51-61.
29. Galloway SD, Abramowicz WN. “**Effects of acute and chronic l-carnitine administration on substrate metabolism in endurance athletes**”. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2002; 34: 231-242.

The Effect of Acute L-Carnitine Supplementation on Anaerobic Threshold during Maximum Activity in Middle-Distance Runners

Vahid Eskandaripour¹, Ali Akbarnejad^{2*}, Fatemeh Shabkhiz³

1.MSc in Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran 2. Associate Professor of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran
(Received: 2018/1/6; Accepted: 2018/7/15)

Abstract

Increasing the anaerobic threshold reduces lactate accumulation, postpones fatigue and improves exercise performance. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of acute L-carnitine supplementation on the anaerobic threshold during maximum activity in collegiate runners. For this purpose, 12 trained collegiate runners participated voluntarily in this study (exercise experience: at least 3 years, mean age: 23.33 ± 2.93 years, weight: 66.00 ± 7.21 kg, height: 176.00 ± 6.49 cm, body mass index 21.27 ± 1.35 kg/m²). The subjects were divided randomly into two groups: placebo and supplement. The study design was crossover and double-blind. Subjects in supplement group received 2g of L-carnitine while the control group received placebo 90 minutes before the exercise protocol. Blood samples were collected before and after the CONCONI protocol to measure blood lactate changes. The gas analyzer was used to estimate the respiratory exchange ratio (RER) and heart rate deflection point. After a 7-day period, the position of the two groups changed, and the previous steps were repeated again. One-way ANOVA and LSD post hoc test were used to analyze the data at a significance level less than 0.05. The results of this study showed that L-carnitine supplementation significantly improved the running time ($P=0.001$), the distance traveled until the anaerobic threshold ($P=0.001$), respiratory exchange ratio ($P=0.001$), and lactate accumulation ($P=0.001$) compared with the placebo group. But, it had no significant effect on delaying the heart rate deflection point at higher speeds ($P=0.173$). According to these results, it can be concluded that acute L-carnitine supplementation delays fatigue and improves the performance of runners.

Keywords

Anaerobic Threshold, Heart Rate Deflection Point, L-Carnitine, Acute Supplementation, Middle-Distance Runners.

* Corresponding Author: Email: a.akbarnejad@yahoo.com Tel: +989120760472