

The effects of acute L-carnitine administration on ventilatory breakpoint and exercise performance during incremental exercise

Mojtaba Kaviani¹, Maryam Nourshahi¹, Farhad Shokoohi²

¹ Department of Sport Physiology, Faculty of Physical Education & Sport Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

² Department of Statistics, Faculty of Mathematical Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

(Received 31 October, 2009 ; Accepted 10 March, 2010)

Abstract

Background and purpose: Many athletes adopt nutritional manipulations to improve their performance. Among the substances generally consumed is carnitine (L-trimethyl-3-hydroxy-ammonibutanoate) which has been used by athletes as an ergogenic aid, due to its role in the transport of long-chain fatty acids across mitochondrial membranes. Nutritional supplements containing carbohydrates, proteins, vitamins, and minerals have been widely used in various sporting fields to provide a boost to the recommended daily allowance. The aim of this study is to investigate the effects of acute L-carnitine administration on ventilatory breakpoint, an exercise performance during incremental exercise.

Materials and methods: This study was double-blind, randomized and crossover in design. The subjects were 12 randomly selected active male physical education students, 21.75 ± 0.64 years old, with a mean body mass index (BMI) of $23.7 \pm 0.94 \text{ kg/m}^2$, divided into 2 groups. They received orally either 2g of L-carnitine dissolved in 200 ml of water, plus 6 drops of lemon juice or a placebo (6 ml lemon juice dissolved in 200 ml of water) 90 minutes before they began to exercise on a treadmill. They performed a modified protocol of Conconi test to exhaustion. One-way analysis of variance with repeated measurements was used for data analysis.

Results: The results showed that exercise performance improved in LC group (2980 ± 155 meter) compared with placebo group (2331 ± 51 meter). Furthermore, no significant difference was found in ventilatory breakpoint between the two groups.

Conclusion: This finding indicates that administration of L- Carnitine, 90 minutes prior to exercise may improve performance; despite the ventilatory breakpoint as one of the anaerobic system indices that had no effect.

Key words: Exercise; carnitine; anaerobic threshold

J Mazand Univ Med Sci 2009; 19(73): 43-50 (Persian).

تأثیر مصرف حاد ال-کارنیتین بر نقطه شکست تهویه ای و عملکرد ورزشی طی فعالیت فزاینده

مجتبی کاویانی^۱، مریم نورشاهی^۱، فرهاد شکوهی^۲

چکیده

سابقه و هدف: مکمل‌های تغذیه‌ای شامل کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی در حد مجاز توصیه شده به طور گسترده‌ای در زمینه‌های ورزشی گوناگون بعنوان منبع کمکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در میان مواد مصرف شده، ال-کارنیتین (ال-تری متیل ۳-هیدروکسی آمینو بوتانوآت) به عنوان مکمل نیروزا به وسیله ورزشکاران مصرف می‌شود زیرا در انتقال اسیدهای چرب به درون میتوکندری نقش ایفا می‌کند. هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر مصرف حاد ال-کارنیتین بر نقطه شکست تهویه‌ای و عملکرد ورزشی طی فعالیت فزاینده بود.

مواد و روش‌ها: این تحقیق به صورت کار آزمایی بالینی دوسوکور و متقاطع انجام شد. ۱۲ نفر از دانشجویان پسر رشته تربیت بدنی با میانگین سنی ($21/75 \pm 0/64$) سال و میانگین شاخص توده بدنی ($23/70 \pm 0/94$) کیلوگرم بر مترمربع به طور تصادفی در این تحقیق شرکت کردند. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به دو گروه مکمل ($n=6$) و دارونما ($n=6$) تقسیم شدند. نود دقیقه قبل از اجرای پروتکل تعدیل یافته کانکانی به گروه مکمل ۲ گرم ال-کارنیتین به شکل قرص در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب همراه با ۶ قطره آبلیمو و به گروه دارونما فقط ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول آبلیمو تجویز شد از دستگاه گاز آنالیزور برای جمع‌آوری داده‌های مربوط به گازهای تنفسی آزمودنی‌ها حین اجرای آزمون کانکانی تعدیل شده استفاده شد. برای بررسی تغییرات و تحلیل داده‌ها از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه با اندازه گیری تکراری استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که مسافت طی شده تا آستانه بی‌هوای در گروه مکمل ال-کارنیتین (2980 ± 155 متر) در مقایسه با گروه دارونما (2331 ± 51 متر) افزایش معنی‌داری ($p=0/000$) داشت. میزان سرعت در نقطه شکست تهویه‌ای در گروه مکمل ($13/4$ کیلومتر در ساعت) و گروه دارونما ($13/25$ کیلومتر در ساعت) تفاوت معنی‌داری ($p=0/921$) را نشان نداد.

استنتاج: نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف ال-کارنیتین ۹۰ دقیقه قبل از فعالیت باعث بهبود عملکرد ورزشی شد، علیرغم اینکه بر نقطه شکست تهویه‌ای به عنوان یکی از شاخص‌های سیستم بی‌هوای تأثیری نداشت.

واژه‌های کلیدی: ورزش، کارنیتین، آستانه بی‌هوای

مقدمه

متفاوت هستند، اما تغذیه عامل بسیار مهمی در کسب نتیجه به شمار می‌آید. با این همه، مصرف مکمل‌های

در حالی که شرکت کنندگان در یک مسابقه به لحاظ استعداد، تمرین، انگیزش و تاکتیک‌ها از یکدیگر

E-mail: kaviani.mojtaba@gmail.com

مؤلف مسئول: مجتبی کاویانی - تهران، اوین، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی

۲. گروه آمار، دانشگاه شهید بهشتی

تاریخ دریافت: ۸۸/۸/۹ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۸۸/۹/۴ تاریخ تصویب: ۸۸/۱۲/۱۹

غذایی در ورزش گسترده بوده و کمتر ورزشکاری را می توان دید که لافل در برخی از مراحل دوره ورزشی خود یک یا چند مکمل غذایی را مصرف نکرده باشد (۱). ال-کارنیتین به طور گسترده ای بدون تجویز پزشک در دسترس بوده و در میان ورزشکاران از مقبولیت بالایی برخوردار می باشد. عملکرد اصلی ال-کارنیتین که در اکثر تحقیقات مورد بررسی قرار گرفته است، انتقال اسیدهای چرب با زنجیره بلند به غشای درونی میتوکندری، محافظت از ترکیب غشای سلول و تثبیت نسبت کوآنزیم آ به استیل کوآ در میتوکندری و کاهش تولید لاکتات می باشد. از طرف دیگر فعالیت بدنی باعث کاهش ال-کارنیتین عضلات می شود. در طول تمرینات با شدت بالا، غلظت کارنیتین آزاد در عضلات کاهش می یابد؛ زیرا این ترکیب با استیل کوآ واکنش نشان می دهد. این کاهش در کارنیتین آزاد به عنوان یکی از مکانیسم های دخالت کننده برای کاهش اسیدهای چرب پلازما و اکسیداسیون تری آسیل گلیسرول درون عضلانی در طول تمرینات با شدت بالا پیشنهاد شده است (۲،۳).

نسبت بین حجم هوای تهویه ای (VE) و مقدار اکسیژن مصرفی توسط بافت ها (VO₂) نشانه میزان کارایی تنفس می باشد. این نسبت را معادل تهویه ای اکسیژن یا VE/VO₂ می نامند. این نسبت معمولاً بر حسب مقدار لیتر هوای تنفسی به هر لیتر اکسیژن مصرفی اندازه گیری می شود. در حالت استراحت، VE/VO₂ ممکن است بین ۲۳ تا ۲۸ لیتر هوا به ازای هر لیتر اکسیژن مصرفی باشد. این مقدار هنگام اجرای ورزش های سبک نظیر پیاده روی تغییر بسیار کمی می کند. ولی هنگام که شدت کار به حداکثر خود نزدیک می شود، ممکن است VE/VO₂ به بیش از ۳۰ لیتر هوا به ازای هر لیتر اکسیژن مصرفی برسد. با وجود این، معمولاً VE/VO₂ در دامنه وسیعی از شدت فعالیت، نسبتاً ثابت باقی می ماند (۴).

هنگامی که افزایش شدت ورزشی به سوی

حداکثر پیش می رود، در نقطه ای، تهویه نامتناسب با مصرف اکسیژن افزایش می یابد که به نام نقطه شکست نامیده می شود. هنگامی که شدت فعالیت از ۵۵ تا ۷۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی تجاوز کند، اکسیژن تحویلی به عضلات برای نیازهای اکسایشی کافی نخواهد بود. برای جبران این حالت، انرژی بیشتر از روند، گلیکولیز تامین می شود. این روند، تولید و تجمع اسید لاکتیک را افزایش می دهد. اسید لاکتیک با پی کربنات سدیم ترکیب شده و تشکیل لاکتات سدیم، آب و دی اکسید کربن می دهد. افزایش دی اکسید کربن گیرنده هایی شیمیایی را تحریک می کند و این گیرنده ها پیام هایی به مرکز دمی ارسال می کنند، تا تهویه افزایش یابد. بنابراین نقطه شکست تهویه ای بازتابی از واکنش تنفسی نسبت به افزایش مقدار دی اکسید کربن است، که تهویه ریوی به طور قابل توجهی پس از نقطه شکست تهویه ای افزایش می یابد (۵).

Vecchiet و همکاران (۱۹۹۰) اثر مکمل خوراکی ال-کارنیتین را در یک مطالعه بالینی دو سو کور و متقاطع، بر روی ۱۰ مرد جوان داوطلب بررسی کردند. در همه آزمودنی ها تولید لاکتات و اکسیژن مصرفی پس از دریافت مکمل ال-کارنیتین بطور معنی داری کمتر از دارونما بود. حداکثر برون ده کاری همه آزمودنی ها بجز یک مورد، پس از مصرف مکمل ال-کارنیتین در مقایسه با دارونما به طور معنی داری افزایش پیدا کرد. سایر فاکتورهای اندازه گیری شده نظیر میزان تهویه ریوی و VCO₂ تفاوت معنی داری نداشتند (۶).

همچنین Smith و همکاران (۲۰۰۸) تاثیر مصرف یک و سه گرم گلايسين پروپيونيل ال-کارنیتین را بر عملکرد هوازی و بی هوازی متعاقب ۸ هفته تمرین استقامتی مورد مطالعه قرار دادند. کارنیتین عضله، حداکثر VO₂، زمان فعالیت تا وقوع خستگی، آستانه بی هوازی، توان بی هوازی و کل فعالیت انجام شده قبل و بعد از مکمل دهی اندازه گیری شد. تفاوت معنی داری بین هیچ یک از متغیرها در گروه ها مشاهده نشد (۷).

مواد و روش ها

این مطالعه از نوع کارآزمایی بالینی و به روش تصادفی دوسوکور و متقاطع انجام شد. از بین داوطلبان واجد شرایط که شامل حداقل سه سال فعالیت ورزشی، عدم مصرف سیگار، نداشتن مشکلات گوارشی و عدم استفاده قبلی از مکمل ال-کارنیتین بودند، ۱۲ نفر به طور تصادفی از دانشجویان مذکر دانشکده تربیت بدنی دانشگاه شهید بهشتی انتخاب شدند. کلیه افراد شرکت کننده در مطالعه پس از تشریح شرایط آزمون، رضایت نامه کتبی را امضاء کردند.

آزمودنی ها پس از امضای رضایت نامه و پرسش نامه پزشکی، نسبت به تداوم شرکت در برنامه و دقت در اجرای موارد توصیه شده متعهد شدند. آزمودنی ها ساکن خوابگاه بودند و رژیم غذایی یکسانی داشتند. قبل از شروع اجرای آزمون از آزمودنی ها درخواست شد که از مصرف قهوه، مواد لبنی و تمرینات شدید حداقل یک روز قبل از اجرای آزمون امتناع کنند و خود را در شرایط عادی برای انجام آزمون قرار دهند. در صبح روز آزمون، داده های مربوط به قد و وزن ورزشکاران به وسیله قدسنج و ترازوی دیجیتال Seca اندازه گیری شد. سپس به طور تصادفی به دو گروه مکمل ($n=6$) و دارونما ($n=6$) تقسیم شدند. در جدول شماره ۱ مشخصات عمومی آزمودنی ها آورده شده است (۱).

جدول شماره ۱: مشخصات عمومی آزمودنی ها

متغیر	میانگین	انحراف استاندارد میانگین
وزن (کیلوگرم)	۷۷/۱۶	۴/۰۲
قد (سانتی متر)	۱۸۰/۰۸	۱/۷۶
سن (سال)	۲۱/۷۵	۰/۶۴

در آغاز مطالعه، فشارخون، ضربان قلب و سلامت عمومی همه آزمودنی ها مورد بررسی و معاینه قرار گرفت تا از بروز مشکل طی آزمون پیشگیری به عمل آید. مکمل شامل ۸ قرص ۲۵۰ میلی گرمی ال-کارنیتین

Wayss و همکاران (۱۹۹۰) تاثیر مکمل ال-کارنیتین بر حداکثر VO_2 را در شرایط کاهش فشار اکسیژن (هایوکسی) و فشار طبیعی اکسیژن (نورموکسی) در مطالعه ای دوسوکور و متقاطع مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که مکمل ال-کارنیتین تاثیر معنی داری بر VO_2 مصرفی، ضربان قلب، غلظت لاکتات خون، فشار خون، گلوکز، گلیسرول و نسبت تبادل تنفسی نداشت. اگرچه مدت زمان رسیدن به واماندگی، انرژی مصرفی و حداکثر VO_2 در اثر مصرف ال-کارنیتین افزایش یافت اما از لحاظ آماری معنی دار نبود (۸). Soop و همکاران (۱۹۸۸) تاثیر مکمل کارنیتین روی VO_2 ، VCO_2 ، لاکتات و گلوکز خون یا انتقال اسید چرب آزاد را در یک بار فعالیت ثابت مورد بررسی قرار دادند. در هر دو مطالعه از آزمودنی های بی تمرین با سطح آمادگی متوسط استفاده شده بود. نتایج نشان داد که مکمل دهی کارنیتین در آزمودنی های سالم، تاثیری روی مصرف چربی، لاکتات و VO_2 نداشت (۹).

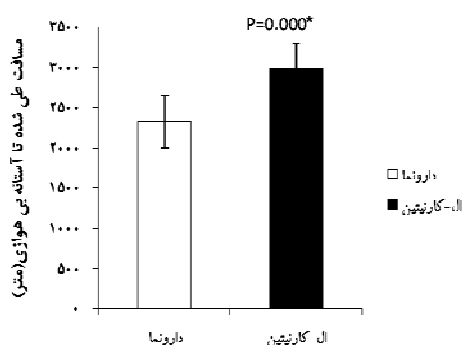
نتایج تحقیقات در مورد تاثیر مکمل ال-کارنیتین بر شاخص های عملکردی و فیزیولوژیکی متناقض بوده است. اما در اکثر مطالعات بهبود عملکرد تمرین و اکسیژن مصرفی بیشینه در ورزشکاران حرفه ای و حتی غیر حرفه ای، به ویژه هنگامی که مکمل دهی با دوزهای بالای ال-کارنیتین برای یک دوره طولانی مدت انجام شده بود، را گزارش کردند ولی در مورد تاثیرات احتمالی مصرف حاد ال-کارنیتین تحقیقات اندکی صورت گرفته است. همچنین در تعداد محدودی از مطالعات، روش های تجزیه و تحلیل گازهای شیمیایی دمی بازدمی برای برآورد شاخص های سیستم بی هوازی به کار رفته است. بنابراین هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر مصرف حاد ال-کارنیتین قبل از یک فعالیت فزاینده روی نقطه شکست تهویه ای و عملکرد ورزشی با تکیه بر تجزیه و تحلیل گازهای شیمیایی دمی- بازدمی بود.

میلی متر جیوه) طی روزهای آزمون برای همه آزمودنی‌ها یکسان بود. تمامی مراحل اجرای تحقیق در محل آکادمی ملی المپیک و پارالمپیک جمهوری اسلامی ایران انجام گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم افزار SPSS16 صورت گرفت. ابتدا از آزمون Kolmogrov-Smirnov و Levine's test، نرمال بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس‌ها مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که همه داده‌ها دارای توزیع نرمال می‌باشند. در نتیجه برای بررسی تغییرات و تحلیل داده‌ها از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه با اندازه‌گیری تکراری استفاده شد. سطح معنی‌داری ۰/۰۵ منظور گردید.

یافته‌ها

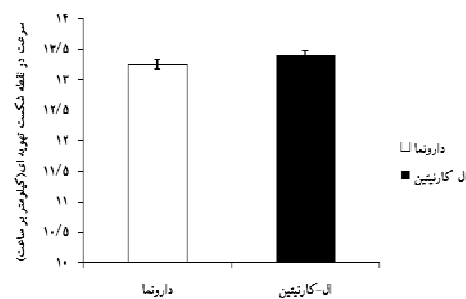
نتایج نشان داد که مسافت طی شده تا آستانه بی‌هوایی در گروه مکمل ال-کارنیتین (2980 ± 155 متر) در مقایسه با گروه دارونما (2331 ± 51 متر) افزایش معنی‌داری ($p=0/000$) نشان داد. در میزان سرعت در نقطه شکست تهویه ای بین گروه مکمل ($13/4 \pm 0/4$ کیلومتر در ساعت) و گروه دارونما ($13/25 \pm 0/32$ کیلومتر در ساعت) تفاوت معنی‌داری ($p=0/921$) مشاهده نشد (نمودار شماره ۱ و ۲).



نمودار شماره ۱: مقایسه مسافت طی شده تا آستانه بی‌هوایی در گروه مکمل و دارونما

(ساخت کارخانه داروسازی شهر دارو) بود که در ۲۰۰ میلی لیتر آب حل شده بود و مقداری آب‌لیمو به آن افزوده شده بود. دارونما نیز شامل ۲۰۰ میلی لیتر آب همراه با مقداری آب‌لیمو بود. مکمل و دارونما ۹۰ دقیقه قبل از اجرای آزمون ورزشی به آزمودنی‌ها تجویز شد. پس از ۹۰ دقیقه، آزمودنی‌ها آماده اجرای پروتکل ورزشی شدند. پروتکل ورزشی به کار رفته در این تحقیق آزمون تعدیل یافته کانکائی بود، که بدین ترتیب، آزمودنی‌ها ابتدا به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۵ کیلومتر بر ساعت روی نوار گردان شروع به گرم کردن کردند. سپس به سینه آزمودنی‌ها کمربند مخصوص دستگاه متصل شد تا اطلاعات مربوط به تعداد ضربان قلب را از طریق امواج مغناطیسی به دستگاه منتقل کند. پس از آن بر طبق آزمون تعدیل یافته کانکائی، آزمودنی با سرعت ۶ کیلومتر بر ساعت روی نوار گردان شروع به حرکت کردند که به ازاء هر دقیقه ۰/۴ کیلومتر بر ساعت، به سرعت اجرای آزمون افزوده شد تا اینکه ورزشکار به مرحله واماندگی می‌رسید و آزمون توسط محقق متوقف می‌شد. در حین اجرای آزمون دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی به آزمودنی‌ها متصل بود تا داده‌های مربوط به گازهای تنفسی جمع‌آوری شود. داده‌های مورد نیاز بوسیله دستگاه در حین اجرای آزمون ثبت شد (۱۰).

پس از یک دوره شستشوی ۷ روزه، آزمودنی‌ها برای اجرای دوباره آزمون به محل اجرای آزمون دعوت شدند. پس از ۱۵ دقیقه استراحت آزمودنی‌هایی که در مرحله اول مکمل ال-کارنیتین دریافت کرده بودند، دارونما مصرف کردند و گروه مقابل بجای دارونما، مکمل ال-کارنیتین مصرف کردند. بدین ترتیب با این روش، تمام آزمودنی‌ها مکمل ال-کارنیتین و دارونما را مصرف کردند. بقیه مراحل اجرای آزمون دقیقاً مشابه آزمون اولیه بود و داده‌های مورد نیاز مرحله دوم نیز به وسیله محقق جمع‌آوری شد. شرایط آب و هوایی از نظر دما (۳۷ درجه) سانتی گراد و فشار بارومتریک (۶۳۱



نمودار شماره ۲: مقایسه سرعت در نقطه شکست تهویه ای در گروه مکمل و دارونما

بحث

در ارتباط با تاثیر مصرف حاد مکمل ال-کارنیتین در تغییر مسافت طی شده تا آستانه بی هوازی، نتایج نشان داد که مکمل دهی حاد ال-کارنیتین باعث افزایش مسافت طی شده تا آستانه بی هوازی در مقایسه با گروه دارونما شد. نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های مطالعات Siliprandi و همکاران (۱۹۹۰) و Vecchiet و همکاران (۱۹۹۰) همسویی داشت (۱۲، ۱۱). علت همسویی این بود که در این مطالعات مکمل دهی به صورت حاد و در فاصله زمانی ۲ ساعت قبل از اجرای فعالیت مورد نظر انجام شده بود. از طرفی نتایج مطالعات Wyss و همکاران (۱۹۹۰) با نتایج مطالعه حاضر همسویی نداشت (۸). با توجه به این که در این مطالعات از آزمودنی‌های غیر فعال استفاده کرده بودند و آزمودنی‌ها تحت شرایط تمرین بیشینه قرار داشتند، قابل استنتاج است که این آزمودنی‌ها نمی‌توانستند بازده عملکردی بالایی حین اجرای پروتکل داشته باشند. همچنین افراد غیر فعال به نسبت افراد فعال نمی‌توانند ال-کارنیتین را جذب و ذخیره کنند، زیرا که محل اصلی ذخیره ال-کارنیتین در انسان در عضلات اسکلتی می‌باشد و افراد فعال از توده عضلانی بیشتری برخوردارند، در حالی که افراد غیر فعال از لحاظ توده عضلانی و توانایی تمرین در شدت‌های بالا نسبت به افراد فعال در سطح پایین تری هستند.

با توجه به اینکه نقطه شکست تهویه ای برآوردی از آستانه بی هوازی می‌باشد، هر گونه تاخیر در وقوع این نقطه، آزمودنی را قادر می‌سازد در شدت‌های بالاتر فعالیت خود را ادامه دهد. در ارتباط تاثیر مصرف حاد مکمل ال-کارنیتین در تغییر سرعت در نقطه شکست تهویه ای، نتایج نشان داد که مکمل دهی حاد ال-کارنیتین تاثیر معنی داری بر نقطه شکست تهویه ای در دو گروه مکمل و دارونما ندارد. با توجه به اینکه اکثر مطالعات از شاخص نسبت تبادل تنفسی جهت تعیین میزان سوبسترای مصرفی استفاده کرده‌اند می‌توان نتایج حاصل را با این شاخص مقایسه کرد. نتایج تحقیق Marconi و همکاران (۱۹۸۵)، Brass و همکاران (۱۹۹۴) و Colombani و همکاران (۱۹۹۶) با نتایج مطالعه حاضر از نظر عدم تغییر در نسبت تبادل تنفسی همسویی داشت (۱۵-۱۳). از آنجایی که نسبت تبادل تنفسی تا حدودی بیانگر نوع سوبسترای مصرفی در بدن انسان است، احتمالاً عواملی مانند سابقه ورزشی آزمودنی‌ها در رشته‌های مختلف ورزشی با توجه به نوع غالب سیستم انرژی در گیر و کاهش جذب ال-کارنیتین و ورود آن به خون باعث عدم معنی داری شده است. اما برخی مطالعات کاهش نسبت تبادل تنفسی را گزارش کرده‌اند و نشان دادند ال-کارنیتین بر مصرف سوبسترا تاثیر دارد. در حمایت از این فرضیه Muller و همکاران (۲۰۰۲)، Wyss و همکاران (۱۹۹۰) و Grostiga و همکاران (۱۹۸۹) افزایش در مصرف چربی‌ها را گزارش کردند، که پیامد آن صرفه جویی کربوهیدرات‌ها در تمرین بود که با نتایج مطالعه حاضر همسویی نداشت (۱۶، ۱۷، ۸). علت این تفاوت در مدت زمان مکمل دهی و نوع پروتکل به کار رفته در حین آزمون بود، که معمولاً از پروتکل‌های طولانی مدت استفاده کرده بودند. نسبت تبادل تنفسی در تحقیقاتی که از پروتکل‌های با شدت فعالیت یکسان استفاده کرده بودند کاهش یافت و یا بدون تغییر ماند، زیرا میزان تولید متابولیت‌های نظیر لاکتات چندان افزایش نمی‌یابد که

برای بافوری کردن آن بدن وادار شود دی اکسید کربن بیشتری دفع کند و متعاقب آن نسبت تبادل تنفسی افزایش یابد (۱۸). تمرینات استقامتی باعث افزایش نقش چربی‌ها در تولید انرژی حین تمرینات زیر بیشینه طولانی مدت می‌شود. از این رو انتخاب آزمودنی‌های حرفه‌ای، می‌تواند تأثیرات مکمل‌دهی ال-کارنیتین را در سوخت و ساز چربی به شکل بهتری نشان دهد و یا اینکه در ورزشکاران حرفه‌ای استقامتی احتمال کمبود نسبی ذخایر ال-کارنیتین وجود دارد (۱۹). در ورزش‌های زیر بیشینه طولانی مدت که وجود اسیدهای چرب آزاد در دسترس عضله زیاد است، مصرف ال-کارنیتین موجب افزایش سوخت و ساز اسیدهای چرب می‌شود اما در ورزش‌های بیشینه که نیاز عضله بیشتر به منابع در دسترس‌تر برای سوخت و ساز است، ال-کارنیتین از طریق فعال سازی آنزیم پیرووات دهیدروژناز موجب سوخت کامل کربوهیدرات‌ها (گلوکز و گلیکوزن) می‌شود. بنابراین در ورزش‌های با فعالیت بیشینه، مصرف ال-کارنیتین موجب تسهیل فرآیند سوخت و سازی از طریق چرخه کربس می‌شود. با این وجود در اکثر تحقیقات صورت گرفته، مکمل‌دهی ال-کارنیتین تأثیری بر نسبت تبادل تنفسی افراد غیرفعال نداشته است. یکی از جنبه‌های مهم مطالعه تأثیر مکمل‌دهی بر مصرف سوپسترا، کنترل رژیم تغذیه آزمودنی‌هاست. مطالعاتی که تأثیر ال-کارنیتین را بر نسبت تبادل تنفسی را مورد بررسی قرار داده‌اند، تأثیر رژیم غذایی قبل از مکمل‌دهی را به عنوان عامل موثر بر نسبت تبادل تنفسی پذیرفته‌اند (۲۰). با این وجود در اکثر مطالعات صورت گرفته، کنترل دقیقی بر رژیم غذایی وجود نداشته است و یا اینکه فقط تغذیه شب قبل از آزمون کنترل شده

است (۲۱، ۲۲). اگر رژیم غذایی آزمودنی‌ها به طور دقیقی در روزهای قبل از آزمون کنترل شود، می‌توان تأثیرات مکمل‌دهی ال-کارنیتین را بر مصرف سوپسترا با استفاده از روش‌های کالری‌متری غیرمستقیم اندازه‌گیری کرد. با این وجود، استفاده از نشان‌گرهای ردیاب برای اندازه‌گیری مصرف سوپسترا ترجیح داده می‌شود. برخی مطالعات صورت گرفته به این روش، افزایش اکسیداسیون پالیمات نشان‌دار شده متعاقب مکمل‌دهی ال-کارنیتین را گزارش کرده‌اند (۲۵-۲۳).

یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که مکمل ال-کارنیتین قادر به بهبود عملکرد ورزشی خواهد شد. با توجه به نتایج این مطالعه، می‌توان برای بهبود عملکرد ورزشکاران با مشورت متخصص تغذیه ورزشی، از مکمل ال-کارنیتین در دوز ۲ گرم، نود دقیقه قبل از فعالیت سود جست. برای مطالعات تکمیلی، می‌توان از انجام بیوپسی عضلانی جهت اندازه‌گیری غلظت ال-کارنیتین و ذخایر گلیکوزن در زمان‌های مختلف قبل، حین و بعد از آزمون استفاده کرد و یا تأثیر مکمل‌دهی حاد ال-کارنیتین را بر سازگاری‌های فیزیولوژیکی، در پی فعالیت‌های مقاومتی را مورد بررسی قرار داد.

سپاسگزاری

از زحمات بی دریغ سرکار خانم ثریا صفری که در انجام و بهبود این مطالعه ما را یاری کردند کمال قدردانی به عمل می‌آید. همچنین بدینوسیله از همکاری کارکنان محترم پرسنل آکادمی ملی المپیک و پارالمپیک جمهوری اسلامی ایران جهت اجرای مراحل عملی طرح به خصوص آقایان دکتر مرتضی بهرامی نژاد، دانیال تیماجی و پیمان فخری سپاسگزاری می‌گردد.

References

1. Karlic H, Lohninger A. Supplementation of L-Carnitine in Athletes: Does It Make Sense? Nutrition 2004; 20: 709-715.
2. Bremer J. Carnitine: metabolism and function. Physiol Rev 1983; 63: 1420-1480.
3. Cox RA, Hoppel CL. Biosynthesis of carnitine

- and 4-N-trimethylaminobutyrate from lysine. *Biophys J* 1973; 136: 1083-1090.
4. Ignjatovic A, Hofmann P, Radovanovic D. Non-Invasive determination of the anaerobic threshold based on the heart rate deflection point. *Facta Universitatis Physical Education and Sport* 2008; 6: 1-10.
 5. Elik G, Kosar N, Korkusuz F, Bozkurt M. Reliability and Validity of the Modified Conconi Test on Concept II Rowing Ergometers. *J Strength Cond Res* 2005; 19(4): 871-877.
 6. Vecchiet L, Di Lisa F, Pieralisi G. Influence of L-carnitine administration on maximal physical exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1990; 61: 486.
 7. Smith AW, Fry A, Lesley, Tschume C, Bloomer J. Effect of Glycine Propionyl-L-Carnitine on Aerobic and Anaerobic Exercise Performance. *IJSNEM* 2008; 18(1): 19-36.
 8. Wyss V, Ganzit GP, Rienzi A. Effects of L-carnitine administration on VO₂max and the aerobic-anaerobic threshold in normoxia and acute hypoxia. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1990; 60(3): 1-8.
 9. Soop M, Bjorkman O, Cederblad G, Hagenfeldt L, Wahren J. Influence of carnitine supplementation on muscle substrate and carnitine metabolism during exercise. *J Appl Physiol* 1988; 64: 2394.
 10. Spiering B, Kreamer WJ, Vingren J, Hatfield DL, Fragala MS, Jen-Yu Ho, et al. Responses of criterion variables to different supplemental doses of L-carnitine L-tartrate. *J Strength Cond Res* 2007; 21(1): 259-264.
 11. Siliprandi N, Benzi G, Packer L, siliprandi N. Carnitine in physical exercise, in biochemical Aspects of Physical exercise. Eds, Elsevier Science Publishers: Amsterdam; 1996. P 197-206.
 12. Decombaz J, Deriaz O, Acheson K, Gmuender B, Jequier E. Effect of L-carnitine on submaximal exercise metabolism after depletion of muscle glycogen. *Med Sci Sports Exerc* 1993; 25: 733-740.
 13. Marconi C, Sassi G, Carpinelli A, Cerretelli P. Effects of L-carnitine loading on the aerobic and anaerobic performance of endurance athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1985; 54: 131.
 14. Brass EP, Hoppel CL, Hiatt WR. Effect of intravenous L-carnitine on carnitine homeostasis and fuel metabolism during exercise in humans. *Clin Pharmacol Ther* 1994; 55: 681-692.
 15. Colombani P, Wenk C, Kunz I. Effects of L-carnitine supplementation on physical performance and energy metabolism of endurance-trained athletes: a double-blind crossover field study. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1996; 73: 434-44.
 16. Muller DM, Seim H, Kiess W, Loster H, Richter T. Effects of oral L-carnitine supplementation on in vivo long-chain fatty acid oxidation in healthy adults. *Metabolism* 2002; 5: 11389.
 17. Gorostiaga EM, Maurer CA, Eclache JP. Decrease in respiratory quotient during exercise following L-carnitine supplementation. *Int J Sports Med* 1989; 10: 169.
 18. Natali A, Santoro D, Brandi LS, Farragiana D, Ciociaro D, Pecori N, et al. Effects of acute hypercarnitinemia during increased fatty substrate oxidation in man. *Metabolism* 1993; 42: 594-600.
 19. Giamberardino MA, Dragani L, Valente R, Di Lisa F, Saggini R, Vecchiet L. Effects of prolonged L-carnitine administration on delayed muscle pain and CK release after eccentric effort. *Int. J Sports Med* 1996; 17: 203.

20. Simonson DC, DeFronzo RA. Indirect calorimetry-methodological and interpretative problems." *Am J Physiol* 1990; 258: 399-412.
21. Wutzke K, Lorenz H. The effect of -carnitine on fat oxidation, protein turnover, and body composition in slightly overweight subjects *Metabolism* 2003; 53(8): 1002-1006.
22. Barry AS, Kreamer WJ, Jakob L. Vingren, Disa L. Hatfield. Responses of criterion variables to different supplemental doses of L-carnitine L-tartrate *JSCR* 2007; 21(1): 259-264.
23. Hultman E, Spriet LL, Souderland K. Biochemistry of muscle fatigue. *Biomed Biochem Acta* 1992; 45(1-2): 97-106.
24. Arenas J, Huertas R, Campos Y, Diaz AE, Villalon JM, Vilas E. Effects of L-carnitine on the pyruvate dehydrogenase complex and carnitine palmitoyl Transferase activities in muscle of endurance athletes. *FEBS Let* 1994; 341: 91.
25. Hiatt WR, Regensteiner JG, Wolfel EE, Ruff L, Brass EP. Carnitine and acylcarnitine metabolism during exercise in humans. *J Clin Invest* 1989; 84: 1167-1173.

Archive of SID