مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال چهارم، شماره۲، تابستان ۱۳۸۸ ، صفحات ۵۲-۴۵

تأثیر مکمل‌یاری حاد ال-کارنیتین بر آستانه بی‌هوازی و تجمع لاکتات طی یک فعالیت بیشینه

مریم نورشاهی[۱]، مجتبی کاویانی[۲]، مسعود کیمیاگر[۳] ، خسرو ابراهیم [۴]

۱- نویسنده مسئول: استادیار گروه فیزیولوژی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی
پست الکترونیکی: m-nourshahi@sbu.ac.ir
۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی
۳- استاد گروه تغذیه انسانی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
۴- استاد گروه فیزیولوژی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۸۸/۴/۲۷

چکیده

سابقه و هدف: تغذیه مناسب، پیش شرط ضروری برای بهبود مؤثر عملکرد ورزشی، آماده سازی، رفع خستگی پس از فعالیت و جلوگیری از آسیب دیدگی ورزشکاران است. مکمل‌های تغذیه‌ای شامل کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی در حد مجاز توصیه شده به طور گسترده‌ای در زمینه‌های ورزشی گوناگون منبع کمکی هستند. هدف از مطالعه حاضر، بررسی تأثیر مکمل‌دهی حاد ال-کارنیتین بر آستانه بی‌هوازی و تجمع لاکتات طی فعالیت بیشینه بود.

مواد و روش‌ها: تحقیق به صورت کارآزمایی بالینی دوسوکور و متقاطع انجام شد. ۱۲ نفر از دانشجویان مذکر رشته تربیت بدنی به طور تصادفی با میانگین سنی ۰/۶۴±۲۱/۷۵ سال و میانگین شاخص توده بدنی ۰/۹۴±۰/۷۰ ۲۳ کیلوگرم بر متر مربع در این تحقیق شرکت کردند. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به دو گروه مکمل و دارونما تقسیم شدند. ۹۰ دقیقه قبل از اجرای پروتکل تعدیل یافته کانکانی به گروه مکمل ۲ گرم ال-کارنیتین به شکل قرص در ۲۰۰ml آب همراه با ۶ قطره آبلیمو و به گروه دارونما فقط ۲۰۰ml محلول آبلیمو تجویز شد. برای جمع‌آوری داده‌های مربوط به گازهای تنفسی آزمودنی‌ها حین اجرای آزمون کانکانی تعدیل شده از دستگاه گاز آنالیزور استفاده شد. برای بررسی تغییرات و تحلیل داده‌ها از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه با اندازه‌گیری تکراری(repeated measurement) استفاده شد. سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰ ۵ منظور شد.

یافته‌ها: افزایش معنی‌داری در زمان رسیدن به آستانه بی هوازی گروه مکمل ال-کارنیتین (۰/۶۵± ۱۹/۱۴ دقیقه) نسبت به گروه دارونما (۰/۲۸±۱۶ دقیقه) وجود داشت. همچنین، در میزان اختلاف تجمع لاکتات در گروه مکمل (۰/۱۹±۳/۸۷) و گروه دارونما (۰/۵۸±۶/۰۸) کاهش معنی‌داری (p=۰/۰۰۱) مشاهده شد. حداکثر اکسیژن مصرفی در گروه دریافت کننده مکمل ال-کارنیتین (۱/۴۸±۵۰/۵۴) نسبت به گروه دارونما (۱/۵۱±۴۵/۱۶) افزایش معنی‌داری (p=۰/۰۰۰) نشان داد. در نسبت تبادل تنفسی به دست آمده از دو گروه تفاوت معنی‌داری (p=۰/۹۷۱) مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که مکمل ال-کارنیتین قادر به کاهش تجمع لاکتات و به تأخیر انداختن آستانه بی‌هوازی متعاقب یک فعالیت بیشینه است و با افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی منجر به بهبود عملکرد ورزشی خواهد شد.

واژگان کلیدی: عملکرد ورزشی، ال-کارنیتین، آستانه بی‌هوازی، لاکتات

• مقدمه

در سطوح بالای ورزشی، مرز بین پیروزی و شکست، بسیار باریک است. شرکت‌کنندگان در یک مسابقه ورزشی، از نظر استعداد، تمرین، انگیزش و تاکتیک‌ها با یکدیگر متفاوت هستند، اما تغذیه عامل بسیار مهمی در کسب نتیجه به شمارمی آید . ورزشکاران دربارهٔ غذاهای مصرفی خود اطلاعات کمی دارند و غالباً مکمل‌های غذایی را جایگزین غذا در نظر می‌گیرند که تفکر نادرستی است. با این همه، مصرف مکمل‌های غذایی در ورزش،

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

گسترده است و کمتر ورزشکاری را می‌توان دید که لااقل در برخی از مراحل یک یا چند مکمل غذایی مصرف نکرده باشد.

از اوایل قرن بیستم، اسید لاکتیک به عنوان محصول نهایی گلیکولیز در شرایط کمبود اکسیژن و عامل اصلی خستگی عضلانی شناخته شد(۲، ۱). کاهش pH، متعاقب افزایش نمک لاکتات، منجر به کاهش رهاسازی یون کلسیم و میل ترکیبی آن با تروپونین می‌شود که می‌تواند باعث اختلال در عملکرد سیستم عضلانی و محدود کردن ظرفیت‌های فیزیولوژیکی ورزشکار شود(۳). بنابراین، متخصصان برای به تعویق انداختن این فرایند در جستجوی روش‌هایی هستند که هنگام فعالیت، چربی‌ها به عنوان سوخت در اولویت قرار گیرند. از آنجا که مصرف سوبستراهای مختلف می‌توانن مکانیسم‌های متفاوتی را برای تولید انرژی در بدن فعال کند، با مصرف اسیدهای چرب به عنوان سوخت غالب در بدن، می‌توان مسیر هوازی را فعال کرد که تولید اسید لاکتیک را محدود می‌کند. مکمل‌های رژیمی که عملکرد ورزشی را بهبود می‌بخشند، برای اکثر ورزشکاران آشنا هستند.کارخانجات سازنده ادعا می‌کنند که محصولاتشان عملکرد ورزشکاران را ارتقاء می‌دهد یا دوره ریکاوری پس از ورزش را تسریع می‌کند. اکثر این ادعاها بر پایه فرضیاتی است که چگونه مکمل‌های رژیمی می‌توانند روی متابولیسم تأثیر داشته باشند(۴).

یکی از محدودیت‌های موجود در سوخت و ساز اسیدهای چرب به عنوان سوبسترا، حامل ال-کارنیتین است. ال-کارنیتین (۳-هیدروکسی-۴-N-تری متیل آمونیو بوتانوات) با وزن مولکولی ۱۶۱ گرم بر مول اولین بار از عصاره گوشت استخراج شد(۵). کمبود ال-کارنیتین به اختلال در سوخت و ساز چربی‌ها منجر می‌شود(۴). عملکرد اصلی ال-کارنیتین که در اکثر تحقیقات بررسی شده، انتقال اسیدهای چرب بلند زنجیره به غشای درونی میتوکندری، محافظت از ترکیب غشای سلول، تثبیت نسبت کوآنزیم آ به استیل‌کوآ در میتوکندری و کاهش تولید لاکتات است. از طرف دیگر، فعالیت بدنی باعث کاهش ال-کارنیتین عضلات می‌شود. ال-کارنیتین به طور گسترده‌ای بدون تجویز پزشک در دسترس و در میان ورزشکاران از مقبولیت بالایی برخوردار است. در طول تمرینات شدید، غلظت کارنیتین آزاد در عضلات، کاهش می‌یابد؛ زیرا این ترکیب با استیل‌کوآ واکنش نشان می‌دهد. کاهش کارنیتین آزاد به عنوان یکی از مکانیسم-های دخالت‌کننده برای کاهش اسیدهای چرب پلاسما و اکسیداسیون تری‌آسیل‌گلیسرول درون عضلات در طول تمرینات شدید مطرح شده است(۷، ۶).

Broad و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر ۲ گرم مکمل خوراکی ال-کارنیتین ال-تارتارات را به مدت ۳ هفته بر سوخت و ساز قند، پروتئین و چربی حین تمرین بررسی کردند. در تحقیق آنها تغییر معنی‌داری در اکسیداسیون کربوهیدرات، دفع نیتروژن، اکسیداسیون اسیدهای آمینه شاخه‌دار و اوره پلاسما حین تمرین بین دو گروه مکمل و دارونما دیده نشد (۸). همچنین Smith و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر مصرف گلایسین پروپیونیل ال-کارنیتین را به میزان ۱ گرم و ۳ گرم بر عملکرد هوازی و بی‌هوازی متعاقب ۸ هفته تمرین استقامتی بررسی کردند. کارنیتین عضله، VO_2peak، زمان فعالیت تا وقوع خستگی، آستانه بی‌هوازی، توان بی‌هوازی و کل کار انجام شده قبل و بعد از مکمل‌دهی اندازه‌گیری شد. تفاوت معنی‌داری بین هیچ یک از متغیرها در گروه‌ها مشاهده نشد (۹). Stuessi و همکاران (۲۰۰۵) نیز در مطالعه‌ای دوسوکور و متقاطع، تأثیر ۲ گرم ال-کارنیتین را روی ۱۲ مرد فعال بررسی کردند. آزمودنی‌ها ۲ ساعت قبل از انجام آزمون روی دوچرخه کارسنج مکمل را مصرف کردند. نتایج نشان داد که غلظت لاکتات در آزمون دوم نسبت به آزمون اول بدون توجه به اینکه آزمودنی‌ها ال-کارنیتین یا دارونما مصرف کرده بودند، تمایل به کاهش داشت(۱۰). Siliprandi و همکاران (۱۹۹۰) در یک مطالعه دوسوکور و متقاطع، اثر مکمل‌دهی خوراکی ال- کارنیتین روی ۱۰ مرد فعال را بررسی کردند. مطالعه آنها دو سری تمرینات شدید ورزشی به فاصله ۳ روز روی دوچرخه کارسنج انجام شد. مکمل ال-کارنیتین یا دارو نما به طور تصادفی یک ساعت قبل از شروع هر تمرین و به میزان ۲ گرم به هر یک از آزمودنی‌ها داده شد. پس از مکمل‌دهی با ال-

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

کارنیتین، میزان لاکتات و پیرووات خون نسبت به دارونما کاهش یافت و همزمان افزایشی در استیل کارنیتین خون مشاهده شد(۱۱).

با اینکه نتایج تحقیقات در مورد تأثیر مکمل‌دهی ال-کارنیتین متناقض بوده است، اما در اکثر مطالعات، بهبود عملکرد تمرین و اکسیژن مصرفی بیشینه در ورزشکاران حرفه‌ای و حتی غیر حرفه‌ای مشاهده شد؛ به ویژه هنگامی که مکمل‌دهی با دوزهای بالای ال-کارنیتین به مدت یک دوره طولانی مدت انجام شده بود. در تعداد محدودی از مطالعات، روش‌های تجزیه و تحلیل گازهای شیمیایی دمی بازدمی برای برآورد شاخص‌هایی نظیر آستانه بی‌هوازی به کار نرفته بود. بنابراین، هدف از تحقیق حاضر، بررسی تأثیرات حاد ال-کارنیتین قبل از یک فعالیت بیشینه روی آستانه بی‌هوازی، تجمع لاکتات و نسبت تبادل تنفسی با تکیه بر تجزیه و تحلیل گازهای شیمیایی دمی- بازدمی بود.

• مواد و روش‌ها

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 بوده ۱۲ نفر به طور تصادفی از دانشجویان مذکر دانشکده تربیت بدنی دانشگاه شهید بهشتی با میانگین سنی۰/۶۴± ۲۱/۷۵ سال، میانگین شاخص توده بدنی۰/۹۴±۲۳/۷ و میانگین حداکثر اکسیژن مصرفی ml/kg/min ۳/۶۸±۴۲/۶ انتخاب شدند. کلیه افراد شرکت کننده در مطالعه پس از تشریح شرایط آزمون، رضایت‌نامه کتبی را امضاء کردند.

آزمودنی‌ها پس از امضای رضایت‌نامه و پرسش‌نامه پزشکی، نسبت به تداوم شرکت در برنامه و دقت در اجرای موارد توصیه شده متعهد شدند. آزمودنی‌ها ساکن خوابگاه بودند و رژیم غذایی یکسانی داشتند. قبل از شروع اجرای آزمون از آزمودنی‌ها 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، داده‌های مربوط به قد و وزن ورزشکاران به وسیله قدسنج و ترازوی دیجیتال Seca اندازه‌گیری شد. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به دو گروه مکمل و دارونما تقسیم شدند. قبل از اجرای پروتکل، نمونه خون از نوک انگشت جمع‌آوری شد. به گروه مکمل ۲ گرم ال-کارنیتین در ۲۰۰ml آب همراه با ۶ قطره آبلیمو و به گروه دارونما فقط ۲۰۰ml محلول آبلیمو ۹۰ دقیقه قبل از اجرای پروتکل تعدیل یافته کانکانی تجویز شد. به این ترتیب، آزمودنی‌ها ابتدا به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۵ کیلومتر در ساعت روی نوار گردان کاسمد (Cosmed) فور را گرم می‌کردند. سپس به سینهی آزمودنی‌ها کمربند مخصوص دستگاه (Cardio tester belt) متصل می‌شد تا اطلاعات مربوط به تعداد ضربان قلب را از طریق امواج مغناطیسی به دستگاه منتقل کند. پس از آن طبق آزمون جدید کانکانی، آزمودنی‌ها با سرعت ۶ کیلومتر در ساعت روی نوار گردان شروع به حرکت می‌کردند و به ازای هر دقیقه ۰/۴ کیلومتر در ساعت، به سرعت اجرای آزمون افزوده می‌شد تا اینکه ورزشکار به مرحله واماندگی می‌رسید و آزمون توسط آزمونگر متوقف می‌شد. در حین اجرای آزمون، دستگاه گاز آنالیزور به آزمودنی‌ها متصل بود تا داده‌های مربوط به گازهای تنفسی جمع‌آوری شود. داده-های مورد نیاز به وسیله دستگاه در حین اجرای آزمون ثبت شد. بلا فاصله پس از فعالیت، نمونه خون گرفته شد. پس از یک دوره شست و شوی ۷ روزه جای دو گروه تغییر کرد و مراحل قبلی دوباره تکرار شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم افزار $SPSS_{15}$ صورت گرفت. ابتدا از آزمون Kolmogrov-Smirnov و Levine's Test نرمال بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس‌ها بررسی شد. مشخص شد که همه داده‌ها دارای توزیع نرمال هستند. در نتیجه، برای بررسی تغییرات و تحلیل داده‌ها از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه با اندازه‌گیری تکراری استفاده شد. سطح معنی‌داری ۰/۰۵ منظور شد.

• یافته‌ها

در این مطالعه ۱۲ نفر از دانشجویان مذکر دانشکده تربیت بدنی دانشگاه شهید بهشتی با میانگین

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

سنی۰/۶۴ ± ۲۱/۷۵ سال، میانگین شاخص توده بدنی۰/۹۴ ±۲۳/۷ و میانگین حداکثر اکسیژن مصرفی ml/kg/min ۳/۶۸±۴۲/۶ به طور تصادفی انتخاب شدند.

نتایج نشان داد که در زمان رسیدن به آستانه بی‌هوازی، گروه مکمل ال-کارنیتین (۰/۶۵±۱۹/۱۴ دقیقه) نسبت به گروه دارونما (۰/۲۸ ± دقیقه ۱۶) افزایش معنی‌داری (p=۰/۰۰۰) وجود داشت. همچنین در میزان اختلاف تجمع لاکتات در گروه مکمل (۰/۱۹±۳/۸۷) و گروه دارونما (۰/۵۸±۶/۰۸) کاهش معنی‌داری (p=۰/۰۰۱) مشاهده شد. حداکثر اکسیژن مصرفی در گروه مکمل ال-کارنیتین (۱/۴۸±۵۰/۵۴) نسبت به گروه دارونما (۱/۵۱±۴۵/۱۶) افزایش معنی‌داری (p=۰/۰۰۰) داشت. در نسبت تبادل تنفسی به دست آمده از گروه مکمل (۰/۰۱۴±۰/۹۸۷) و گروه دارونما (۰/۰۱۴±۰/۹۸۸) تفاوت معنی‌داری (p=۰/۹۷۱) مشاهده نشد.

جدول ۱- ویژگی‌های آزمودنی‌های تحقیق

متغیر	M±SE
وزن kg	۴/۰۲±۷۷/۱۶
قد cm	۱/۷۶±۱۸۰/۰۸
سن (سال)	۰/۶۴±۲۱/۷۵
نمایه توده بدن kg/m^2	۰/۹۴±۲۳/۷

جدول ۲- نمایش آماره‌های توصیفی متغیرهای وابسته تحقیق

گروه / شاخص	مکمل N=12	گروه دارونما N=12	p-value
آستانه بی‌هوازی(دقیقه)	۰/۶۵±۱۹/۱۴	۰/۲۸±۱۶	۰/۰۰۰*
اختلاف تجمع لاکتات (mmol/litr)	۰/۱۹±۳/۸۷	۰/۵۸±۶/۰۸	۰/۰۰۱*
نسبت تبادل تنفسی	۰/۰۱۴±۰/۹۸۷	۰/۰۱۴±۰/۹۸۸	۰/۹۷۱
حداکثر اکسیژن مصرفی (ml/kg/min)	۱/۴۸±۵۰/۵۴	۱/۵۱±۴۵/۱۶	۰/۰۰۰*

داده‌ها به صورت M±SE ارائه شده است.

مقایسه میانگین متغیرهای درون گروهی و برون گروهی بر اساس آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری تکراری(ANOVA with repeated measurement) انجام شد. مقایسه متغیرهای دو گروه بر اساس آزمون آماری فوق در مورد آستانه بی‌هوازی (p=۰/۰۰۰) اختلاف تجمع لاکتات (p=۰/۰۰۱) و حداکثر اکسیژن مصرفی (p=۰/۰۰۰) تفاوت معنی‌دار نشان داد.

مقایسه متغیرهای دو گروه بر اساس آزمون آماری فوق در مورد نسبت تبادل تنفسی (p=۰/۹۷۱) تفاوت معنی‌داری نشان نداد.

• بحث

در این تحقیق، مصرف حاد مکمل ال-کارنیتین در مردان فعال طی فعالیت بیشینه باعث افزایش معنی‌داری (۱۹/۶درصد) در زمان رسیدن به آستانه بی‌هوازی شد. نتایج تحقیق حاضر در زمینه افزایش مدت زمان رسیدن به آستانه بی‌هوازی با نتایج مطالعات Lancha و همکاران (۱۹۹۵)، Sachan و همکاران (۲۰۰۰) و Wyss و همکاران (۱۹۹۰) همسو بود(۱۵-۱۲). در مطالعه Lancha زمان رسیدن به آستانه بی‌هوازی، پس از مصرف ۹۰۰mg ال-کارنیتین در روز به مدت ۵ هفته ۴۲٪ افزایش یافت. البته، در آن مطالعه علاوه بر ال-کارنیتین از آسپارژین و آسپارتات هم استفاده شده بود. همچنین، آزمودنی‌های مطالعه آنها موش بودند، در نتیجه، اثرات مشاهده شده احتمالاً فقط به ال-کارنیتین مربوط نمی‌شود. در مطالعه Sachan و همکاران نیز مصرف ال-کارنیتین همراه با کولین و کافئین موجب افزایش مدت زمان رسیدن به آستانه بی‌هوازی شد. آن مطالعه نیز روی موش‌ها انجام شده بود و با توجه به تداخل مکمل‌ها این بهبود عملکرد را نمی‌توان تنها به ال-کارنیتین مرتبط دانست. اما بر خلاف نتایج مطالعه حاضر، مکمل‌دهی ال-کارنیتین در مطالعات Colombani و همکاران (۱۹۹۶) و Trappe و همکاران (۱۹۹۴) ۲ گرم ال-کارنیتین خوراکی ۲ ساعت قبل از ورزش بر زمان رسیدن به آستانه بی‌هوازی تأثیری نداشت (۱۷، ۱۶). مطالعات انجام شده در زمینه اثر ال-کارنیتین بر سطح عملکرد ورزشی از لحاظ تعداد آزمودنی‌ها، میزان مکمل‌دهی و نوع فعالیت انجام شده با هم تفاوت دارند که ممکن است، همین تفاوت و تنوع در طراحی مطالعه، نتایج متفاوتی را ارائه کند باشد.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که مصرف مکمل ال-کارنیتین باعث کاهش تجمع لاکتات می‌شود که با نتایج

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

Siliprandi و همکاران (۱۹۹۰) همسویی بود. همسویی نتایج مطالعات فوق نشان می‌دهد که تأخیر در تجمع لاکتات خون موجب بهبود عملکرد ورزشی می‌شود. احتمال دارد، کاهش لاکتات پلاسما ناشی از تأثیر ال-کارنیتین بر آنزیم‌های متابولیکی سلول‌های خونی باشد که متابولیسم کارنیتین در آنها بالاست. بر خلاف نتایج حاضر ، در مطالعه Stuessi و همکاران (۲۰۰۵) سطح لاکتات خون تحت تأثیر مکمل‌دهی ال-کارنیتین قرار نگرفت. آزمودنی‌های مورد مطالعه در تحقیق Stuessi افراد غیر فعال بودند (۱۰). از آنجا که تمرین موجب کاهش کارنیتین و به دنبال آن، مکانیسم‌های تطبیقی مثل افزایش تعداد گیرنده‌های ال-کارنیتین در غشای سلول عضلانی و در نتیجه افزایش جذب آن می‌شود، ممکن است که جذب ال-کارنیتین و غلظت آن در عضلات آزمودنی‌های مورد مطالعه به میزان مورد نیاز برای اعمال اثر نرسیده باشد. شست و شوی طولانی ممکن است علت دیگر تفاوت با نتایج مطالعه حاضر باشد. عملکرد ثانویه ال-کارنیتین تأثیر آن بر نسبت استیل‌کوآ به کوآی آزاد است. استیل‌کوآ یک ترکیب دوکربنه است؛ کوآ نیز یکی از مشتقات ویتامین B است. مکمل ال-کارنیتین با مقداری از استیل‌کوآهای اضافی که در طول تمرینات با شدت بالا تجمع پیدا کرده‌اند، از طریق تولید استیل‌کارنیتین واکنش می‌دهد و باعث پایین آمدن نسبت استیل‌کوآ به کوآی آزاد می‌شود. این کاهش نسبت، آنزیم پیرووات دهیدروژناز را فعال می‌کند. فعال‌سازی آنزیم پیرووات دهیدروژناز باعث می‌شود مقدار پیرووات بیشتری در مقابل با لاکتات به استیل‌کوآ تبدیل شود. تجمع لاکتات کمتر به معنای تعویق افتادن خستگی است. علاوه بر این، هنگامی‌که ال-کارنیتین با استیل‌کوآ واکنش می‌دهد، مقداری کوآی آزاد تولید می‌شود که برای عملکرد چرخه کربس، ضروری است(۵).

درباره تأثیر مصرف حاد مکمل ال-کارنیتین در تغییر نسبت تبادل تنفسی، نتایج نشان داد که مکمل‌دهی حاد ال-کارنیتین تأثیر معناداری بر نسبت تبادل تنفسی در دو گروه مکمل و دارونما ندارد. نتایج تحقیق Marconi و همکاران (۱۹۸۵)، Colombani و همکاران (۱۹۹۶)، Brass و همکاران (۱۹۹۴) و Soop و همکاران (۱۹۸۸) با نتایج مطالعه حاضر از نظر عدم تغییر در نسبت تبادل تنفسی همسویی داشت(۲۱-۱۹). از آنجا 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 درگیر و کاهش جذب ال-کارنیتین و ورود آن به خون باعث عدم معنی‌داری شده است. اما برخی مطالعات، کاهش نسبت تبادل تنفسی را گزارش کرده‌اند و نشان داده‌اند که ال-کارنیتین بر مصرف سوبسترا تأثیر دارد. در حمایت از این فرضیه‌ها Muller و همکاران (۲۰۰۲)، Wayss و همکاران (۱۹۹۰) و Grostiga و همکاران (۱۹۸۹) افزایش در مصرف چربی‌ها را گزارش کردند که پیامد آن، صرفه‌جویی کربوهیدرات‌ها در تمرین بود و با نتایج مطالعه حاضر همسویی نداشت(۲۳، ۲۲). علت این تفاوت در مدت زمان مکمل‌دهی 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 بار کاری یکسان استفاده کرده بودند، کاهش یافت یا بدون تغییر باقی ماند. زیرا میزان تولید متابولیت‌هایی نظیر لاکتات چندان افزایش نمی‌یابد که برای بافری کردن آن بدن وادار شود، دی‌اکسید کربن بیشتری دفع کند و متعاقب آن نسبت تبادل تنفسی افزایش یابد (۲۴).

تمرینات استقامتی باعث افزایش نقش چربی‌ها در تولید انرژی حین تمرینات زیر بیشینه طولانی مدت می‌شود. از این‌رو، انتخاب آزمودنی‌های حرفه‌ای، می‌تواند تأثیرات مکمل‌دهی ال-کارنیتین را در سوخت و ساز چربی به شکل بهتری نشان دهد یا اینکه در ورزشکاران حرفه‌ای استقامتی احتمال کمبود نسبی ذخایر ال-کارنیتین وجود دارد(۲۵). در ورزش‌های زیر بیشینه طولانی مدت که وجود اسیدهای چرب آزادِ در دسترس عضله زیاد است،مصرف ال-کارنیتین موجب افزایش سوخت و ساز اسیدهای چرب می‌شود. اما در ورزش‌های بیشینه که نیاز عضله به منابع در دسترس برای سوخت و

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

ساز، بیشتر است، ال-کارنیتین از طریق فعال کردن آنزیم پیرووات دهیدروژناز موجب سوخت کامل کربوهیدرات‌ها (گلوکز و گلیکوژن) می‌شود. بنابراین، در ورزش‌های بیشینه، مصرف ال-کارنیتین موجب تسهیل فرایند سوخت و ساز از طریق چرخه کربس می‌شود. با وجود این، در اکثر تحقیقات، مکمل‌دهی ال-کارنیتین تأثیری بر نسبت تبادل تنفسی افراد غیرفعال نداشته است.

یکی از جنبه‌های مهمِ مطالعهٔ تأثیر مکمل‌دهی بر مصرف سوبسترا، کنترل رژیم غذایی آزمودنی‌هاست. مطالعاتی که تأثیر ال-کارنیتین را بر نسبت تبادل تنفسی را بررسی کرده‌اند، تأثیر رژیم غذایی قبل از مکمل‌دهی را به عنوان عامل مؤثر بر نسبت تبادل تنفسی پذیرفته‌اند(۲۶). با وجود این در اکثر مطالعات انجام شده کنترل دقیقی بر رژیم غذایی وجود نداشته است یا اینکه فقط تغذیه شب قبل از آزمون کنترل شده است(۲۸، ۲۷). اگر رژیم غذایی آزمودنی‌ها به طور دقیقی در روزهای قبل از آزمون کنترل شود، می‌توان تأثیرات مکمل‌دهی ال-کارنیتین را بر مصرف سوبسترا با استفاده از روش‌های کالری‌متری غیرمستقیم اندازه‌گیری کرد. با وجود این، استفاده از نشانگرهای ردیاب برای اندازه‌گیری مصرف سوبسترا ترجیح داده می‌شود. تا امروز، دو تحقیق به این شکل صورت گرفته است که افزایش اکسیداسیون پالیمتات نشاندار شده متعاقب مکمل‌دهی ال-کارنیتین را مشاهده کرده‌اند(۲۸).

VO_2max مهم‌ترین شاخص ارزیابی توان هوازی بیشینه ورزشی فرد است و در اغلب مطالعات برای ارزیابی کارایی اهداف ارگوژنیک به کار می‌رود. در مطالعه حاضر، VO_2max در آستانه بی‌هوازی در اثر مصرف ال-کارنیتین ۱۲٪ افزایش یافت. در مطالعه Vecchiet و همکاران (۱۹۹۰) تأثیر مکمل‌دهی حاد ال-کارنیتین به میزان ۲g دو ساعت قبل از فعالیت، موجب افزایش معنی‌دار VO_2max شد(۲۹). همچنین، در مطالعات مکمل‌دهی طولانی مدت ال-کارنیتین Arenas و همکاران (۱۹۹۴)، Sachan و همکاران، Wayss و همکاران و Marconi و همکاران، مصرف مکمل ال-کارنیتین باعث افزایش معنی‌دار VO_2max شد(۳۰). برخلاف نتایج مطالعه حاضر، در مطالعه Natali و همکاران مصرف ۳g ال-کارنیتین ۴۰ دقیقه قبل از ورزش بر VO_2max تأثیری نداشت. احتمالاً فاصله زمانی کوتاه بین مصرف ال-کارنیتین تا زمان شروع ورزش، دلیل عدم افزایش VO_2max بوده است. زیرا محتوای کارنیتین عضلات در ۶۰ دقیقه آغازین ورزش پس از مصرف مکمل ال-کارنیتین تغییر معنی‌داری نمی‌کند و زمان لازم برای افزایش آن در خون و مشاهده اثرات احتمالی ۱۲۰ دقیقه است. در مطالعات Gorostiage و همکاران ، Watcher و همکاران و Soop و همکاران نیز مکمل‌دهی طولانی مدت ال-کارنیتین تأثیر معنی‌داری بر VO_2max نداشت. Brass و همکاران (۱۹۹۴) پس از تزریق وریدی ال-کارنیتین، عدم افزایش کارنیتین در عضلات را مشاهده کردند. بنابراین، ال-کارنیتین دریافتی نتوانسته بود تأثیری در عضلات آزمودنی‌های تحقیق آنها القا کند و عدم افزایش VO_2max در مطالعه Brass به همین دلیل است. در مطالعه Soop و همکاران، فاصله زمانی بین آخرین دوز مکمل دریافتی و زمان آغاز ورزش، مشخص نیست. در نتیجه، ممکن است این فاصله زمانی به شکلی بوده که ال-کارنیتین در زمان آغاز ورزش به حد کافی برای ایجاد اثر نرسیده باشد. در مطالعه Watcher عدم تأثیر ۳ ماه مکمل‌دهی ال-کارنیتین به میزان ۴ گرم در روز بر VO_2max به دلیل عدم افزایش آن در عضلات بود. آنها گزارش کردند که چون غلظت ال-کارنیتین درون سلول‌های عضلانی، بسیار بیشتر از خون بوده و ورود ال-کارنیتین به سلول‌های عضلانی تابع مکانیسم انتقال فعال است، ال-کارنیتین با این دوز وارد عضلات نشده است. در مطالعه Sahlin و همکاران، آزمودنی‌ها افراد غیرفعال بودند که احتمالاً نیاز ورزشکاران حرفه‌ای به ال-کارنیتین بیش از افراد عادی است. از این رو، مکانیسم‌هایی مثل افزایش انتقال آن توسط ناقل‌های یونی در خون محتمل به نظر می‌رسد. همچنین، افزایش تعداد گیرنده‌های ال-کارنیتین در سطح غشای سلول‌های عضلانی به منظور افزایش جذب ال-کارنیتین و ورود میزان بالاتری از ال-کارنیتین حین ورزش به درون عضلات نیز قابل ذکر است. علت تفاوت نتایج مطالعه حاضر با مطالعات دیگری

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

که در آنها ال-کارنیتین تأثیر معنی‌داری بر VO_2max نداشته است، احتمالاً در میزان آمادگی جسمانی و نیازهای فیزیولوژیک آزمودنی‌های شرکت کننده در مطالعه است.

مکانیسم احتمالی تأثیر ال-کارنیتین در افزایش VO_2max به این صورت است که ال-کارنیتین با افزایش ورود اسیدهای چرب بلند زنجیره به درون میتوکندری، آنها را برای عمل بتا اکسیداسیون آماده می‌کند. از آنجا که اکسیداسیون چربی در مقایسه با کربوهیدرات به اکسیژن بیشتری نیاز دارد، لازم است که اکسیژن بیشتری توسط سیستم قلبی عروقی به عضلات برسد. از طرفی ال-کارنیتین با تحریک کمپلکس PDH و افزایش ورود پیرووات به مسیر بتا اکسیداسیون باعث مصرف بیشتر اکسیژن می‌شود. برایند این دو مکانیسم، افزایش تقاضا برای اکسیژن است. در مطالعه Decombaz و همکاران، تأثیر ال-کارنیتین به میزان ۵۰ میلی‌گرم در روز در ۸ مرد اسکی‌باز موجب بهبود عملکرد انقباضی عضلات قلب شد(۳۱). بنابراین، افزایش نیاز به اکسیژن از طریق افزایش تعداد ضربان قلب و بهبود قدرت انقباضی آن تامین می‌شود.

یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که مکمل ال-کارنیتین قادر به کاهش تجمع لاکتات و به تأخیر انداختن آستانه بی‌هوازی(با تکیه بر تجزیه و تحلیل گازهای شیمیایی دمی بازدمی) متعاقب یک فعالیت بیشینه است و با افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی باعث به بهبود عملکرد ورزشی خواهد شد. با توجه به نتایج این مطالعه، برای بهبود عملکرد ورزشکاران با مشورت متخصص تغذیه ورزشی می‌توان از مکمل ال-کارنیتین با دوز ۲ گرم در ۹۰ دقیقه قبل از فعالیت استفاده کرد. پیشنهاد می‌شود برای مطالعات تکمیلی از انجام بیوپسی عضلانی جهت اندازه‌گیری غلظت ال-کارنیتین و ذخایر گلیکوژن در زمان‌های مختلف قبل، حین و بعد از آزمون استفاده شود. همچنین، تأثیر مکمل‌دهی حاد ال-کارنیتین بر سازگاری‌های فیزیولوژیکی در پی فعالیت‌های مقاومتی نیز مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از همکاری کارکنان محترم پرسنل آکادمی ملی المپیک و پارالمپیک جمهوری اسلامی ایران به خصوص آقایان دکتر مرتضی بهرامی نژاد، دانیال تیماجی و پیمان فخری قدردانی می‌شود. همچنین از سرکار خانم ثریا صفری که در انجام این طرح ما را یاری کردند کمال قدردانی به عمل می آید.

• References

1. Gladden LB. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. J Physiol 2004; 1; (558):5-30

2. .Sahlin K. Metabolic factors in fatigue. Sport Medicine1992; 13(2), 99-107

3. Brass P Eric. Supplemental carnitine and exercise. Am J Clin Nutr2000 72 (suppl 2):618-23.

4. Karlic H, Lohninger A. Supplementation of L-Carnitine in athletes: does it make sense? Nutrition 2004; 20:709-715

5. Bremer J. Carnitine: metabolism and function. Physiol Rev 1983; 63: 1420-1480

6. Stephens BF, Constantin-Teodosiu D , Greenhaff LP. New insights concerning the role of Carnitine in the regulation of fuel metabolism in skeletal muscle J. Physiol 2007; 581: 431-444.

7. Cox RA, Hoppel CL. Biosynthesis of Carnitine and 4-N-trimethylaminobutyrate from lysine. Biophys J 1973; 136: 1083-1090

8. Broad EM, Maughan RJ, Galloway SD. Carbohydrate, protein, and fat metabolism during exercise after oral carnitine supplementation in humans. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2008 Dec;18(6):567-84

9. Smith WA, Fry AC, Tschume LC, Bloomer RJ. Effect of glycine propionyl-L-Carnitine on aerobic and anaerobic exercise performance. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2008;18(1):19-36

10. Stuessi C, Hofer P, Meier C, Boutellier U. L-Carnitine and the recovery from exhaustive endurance exercise:a randomaised,double blind,placebo-contorolled trial. Eur J Appl Physiol 2005;95:431-435.

11. Siliprandi N, Benzi G, Packer L, Siliprandi N. Carnitine in physical exercise, In Biochemical aspects

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

of physical exercise. Amesterdam: Elsevier Science 1996: 197-206

12. Cerretelli P, Marconi C(1990). L-carnitine supplementation in humans. The effects on physical performance. Int. J. Sports Med;11:1

13. Lancha AH, Recoo M.B, Abdalla DSP, Curi R. Effect of Aspartate, Asparagine and Carnitine supplementation in the diet on metabolism of skeletal muscle during a moderate exercise, Physiology& behavior. 1995:57(2),367-371

14.Sachan DS, Hongu N. Increase in VO2max and metabolic markers of fat oxidation by Caffeine, Carnitine and Coline supplementation rats. J Nutr Biochemistry 2000; 11: 521-526

15. 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(1):1-6

16. Colombani P, Wenk C, Kunz I, Krähenbühl S, Kuhnt M, Arnold M et al. 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(5):434-9

17. Trappe SW, Costill DL, Goodpaster B, Vukovich MD, Fink WJ. The effects of L-carnitine supplementation on performance during interval swimming. Int. J. Sports Med 1994 May;15(4):181-5

18. Brass EP. Carnitine and sports medicine: use or abuse? Ann N Y Acad Sci 2004;1033: 67-78

19. 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

20. 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;55:681–92

21. 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(6):2394-9

22. 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 Nov;51(11):1389-91.

23. Gorostiaga EM, Maurer CA, Eclache JP. Decrease in respiratory quotient during exercise following L-carnitine supplementation. Int J Sports Med 1989 Jun;10(3):169-74

24. 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 May;42(5):594-600

25. 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 Jul;17(5):320-4

26. Simonson DC, Defronzo RA. indirect calorimetry - methodological and interpretative problems. Am J Physiol 1990; 258 :399 - 412

27. Wutzke K, Lorenz H. The effect of -carnitine on fat oxidation, protein turnover, and body composition in slightly overweight subjects Metabolism2003; 53, Issue 8, 1002-1006

28. Hultman E, Spriet LL, Souderland K. Biochemistry of muscle fatigue. Biomed BiochemActa 1992; 45 (1-2):97-106

29. Vecchiet L, Di Lisa F, Pieralisi G, (1990). Influence of L-carnitine administration on maximal physical exercise. Eur. J. Appl Physiol Occup Physiol; 61:486

30. 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 Lett. 1994 Mar 14;341(1):91-3

31. 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 Jun;25(6):733-40

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]