مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان/ دوره سیزدهم/ زمستان ۸۷/ ۲۲-۱۶

اثر مکمل سازی طولانی مدت ال- کارنیتین بر گلوکز و لاکتات پلاسما هنگام فعالیت ورزشی

مجتبی ایزدی[۱]، انوش اقدامی[۲]، داوود خورشیدی[۳]، دکتر صبا احمدی[۴]، حسین دو علی[۳]، فاطمه کیانی[۳]

۱- عضو هیت علمی دانشگاه آزاد ساوه، (کارشناس ارشد تربیت بدنی و علوم ورزشی) ساوه، ایران، (مؤلف مسؤول) تلفن: ۲۲۴۱۵۵۳-۰۲۵۵ - داخلی ۴۰۷
izadimojtaba2006@yahoo.com

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد ساوه (کارشناس ارشد بیوشیمی بالینی)، ساوه، ایران

۳- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد ساوه (کارشناس ارشد تربیت بدنی و علوم ورزشی)، ساوه، ایران

۴- پزشک عمومی (دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه)، ساوه، ایران

چکیده

زمینه و هدف: کارنیتین نقش مهمی را در انتقال اسید چرب آزاد به درون ماتریکس میتوکندری جهت انجام فرآیند بتااکسیداسیون بازی می‌کند. علیرغم منابع فراوان در خصوص مکانیسم عملکرد ال-کارنیتین، هنوز یافته‌ها در مورد اثر مکمل‌سازی ال- کارنیتین روی متابولیسم و عملکرد ورزشی در افراد سالم مبهم است. این پژوهش اثر مکمل سازی طولانی مدت ال-کارنیتین روی غلظت‌های لاکتات و گلوکز خون، ضربان قلب و ظرفیت هوازی را هنگام دوچرخه‌سواری زیربیشینه مورد مطالعه قرار داد.

روش بررسی: ۳۰ دانشجوی پسر سالم یک فعالیت دوچرخه‌سواری را برای مدت ۲۰ دقیقه با شدتی معادل ۷۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی، قبل و بعد از یک دوره مکمل سازی ال-کارنیتین (گروه تجربی) و دارونما (گروه کنترل) اجرا نمودند (۲۱ روز، روزانه ۳ گرم). بلافاصله پس از هر آزمون، نمونه‌گیری خون به منظور اندازه‌گیری غلظت‌های گلوکز و لاکتات خون و میزان فعالیت لاکتات دی هیدروژناز به عمل آمد. برای مقایسه نتایج پایانی متغیرهای تحقیق از آزمون‌های T مستقل و جفت در محیط نرم افزار SPSS استفاده شد ($p<0.05$).

یافته‌ها: یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که مکمل سازی ال-کارنیتین تأثیری روی غلظت‌های پلاسمایی گلوکز و لاکتات خون ندارد. همچنین ضربان قلب استراحت، حداکثر اکسیژن مصرفی و میزان فعالیت لاکتات دی هیدروژناز نیز بواسطه مکمل سازی ال-کارنیتین تغییر معنی‌داری نداشتند.

نتیجه‌گیری: سه هفته مکمل سازی ال-کارنیتین مصرف سوبسترا و متابولیسم کربوهیدرات را متأثر نمی‌کند و این مکمل سازی با بهبود در عملکرد ورزشی همراه نیست.

کلید واژه‌ها: ال-کارنیتین، گلوکز، لاکتات، متابولیسم، ورزش هوازی

وصول مقاله: ۸۷/۹/۲ اصلاح نهایی: ۸۷/۱۰/۲۱ پذیرش مقاله: ۸۷/۱۰/۲۹

مقدمه

ذخایر گلیکوژن عضله و کبد (کربوهیدرات) قادر به فراهم سازی تنها ۱۲۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلو کالری انرژی هستند. در حالیکه ذخایر چربی بدن قادر به تولید انرژی حدوداً معادل ۷۰۰۰۰ تا ۷۵۰۰۰ کیلوکالری هستند (۱).

در شروع فعالیت ورزشی سهم عمده تولید انرژی توسط متابولیسم کربوهیدرات تأمین می‌شود و چربی‌ها نسبت به کربوهیدرات سهم کمتری دارند. با افزایش زمان فعالیت به خصوص فعالیت‌های هوازی به تدریج میزان انرژی‌زایی چربی‌ها افزایش یافته و از میزان انرژی‌زایی کربوهیدرات کاسته می‌شود (۲).

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-05]

با توجه به ذخایر محدود کربوهیدرات بدن، چنانچه تولید انرژی بویژه در فعالیت‌های طولانی مدت بیشتر به ذخایر کربوهیدرات متکی باشد تا چربی، به تخلیه زود رس ذخایر گلیکوژن عضله و کبد منجر می‌شود که پیامد آن خستگی زود هنگام و توقف فعالیت ورزشی است (۲). از طرفی ادامه اکسیداسیون چربی‌ها به حفظ ذخایر گلیکوژن به منظور زنده نگه داشتن چرخه هوازی متکی است (۲). اما ذخایر چربی بدن به عنوان منابع پایان ناپذیر تولید انرژی هنگام فعالیت ورزشی محسوب می‌شوند. از این رو، بسیاری از مطالعات امروزه توسط متخصصین بیوشیمی و فیزیولوژی ورزشی به شناخت راهکارهای مناسب در افزایش سهم تولید انرژی توسط چربی‌ها و کاهش اتکای بدن به کربوهیدارت هنگام فعالیت‌های ورزشی به ویژه فعالیت هوازی طولانی مدت معطوف شده است. روش‌های متفاوتی نظیر مکمل سازی کافئین یا کارنیتین یا مصرف محلول‌های حاوی تری‌گلیسرید بدین منظور مورد مطالعه قرار گرفته است (۳,۴).

کارنیتین (ال- ۳- هیدروکسی تری متیل آمینوبوتانات) یک اسید آمینه است که در پستانداران از اسیدهای آمینه ضروری لیزین و متیونین سنتز می‌شود یا توسط رژیم غذایی جذب بدن می‌شود (۵). ال-کارنیتین شکل فعال فیزیولوژیکی آن است (۶). نقش کارنیتین انتقال اسیدهای چرب آزاد از بیرون به ماتریکس میتوکندری جهت فرآیند بتااکسیداسیون است (۷). از این رو، همواره این سؤال وجود دارد که آیا مکمل سازی ال-کارنیتین به افزایش انتقال اسیدهای چرب به درون میتوکندری یا افزایش عملکرد ورزشی منجر می‌شود. نتایج پژوهشی متناقضی در خصوص تأثیر ال-کارنیتین روی چرخه متابولیسم و میزان انرژی‌زایی چربی یا کربوهیدرات و عملکرد ورزشی وجود دارد.

در این زمینه، مطالعه برود نشان داد که ۴ هفته مکمل سازی ال-کارنیتین (۳ گرم در روز) هیچ تأثیری روی عملکرد استقامتی، مصرف سوبسترا و اکسیداسیون چربی یا کربوئیدرات و متابولیت‌های آنها هنگام فعالیت ورزشی زیربیشینه ندارد (۸). یافته‌های لی و ارگلو نیز از عدم تغییر لاکتات، گلوکز، نسبت تبادل تنفسی، VO2max، نبض اکسیژن و آستانه لاکتات بواسطه مکمل سازی ال-کارنیتین حکایت می‌کنند (۹,۱۰). اما مطالعات آبراموویس، مولر و بروقی به افزایش اکسیداسیون چربی و عملکرد ورزشی و کاهش لاکتات و ضربان قلب و کاهش مصرف گلوکز بواسطه مکمل سازی ال-کارنیتین هنگام فعالیت ورزشی اشاره می‌کنند (۱۱-۱۳).

مرور سایر مطالعات پژوهشی نیز از ناهمگونی نتایج در این زمینه حکایت می‌کند. از این رو، هدف از اجرای این پژوهش ارزیابی تأثیر مکمل سازی ال-کارنیتین (روزانه ۳ گرم به مدت ۲۱ روز) روی برخی مشخصه‌های متابولیسم کربوهیدرات و چربی نظیر غلظت‌های پلاسمایی گلوکز و لاکتات و عملکرد ورزشی گروهی از دانشجویان دانشگاه آزاد واحد ساوه می‌باشد.

روش بررسی

این مطالعه از نوع تجربی است. نمونه آماری شامل ۳۰ دانشجو (۳ ± ۲۱ سال) از بین دانشجویان پسر غیر ورزشکار دانشگاه ساوه بودند که به شیوه تصادفی و با انگیزه کافی پس از تکمیل فرم رضایت نامه انتخاب شده به دو گروه تجربی (مکمل سازی ال- کارنیتین، n= 15)

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-05]

و کنترل (مکمل سازی دارونما: [لاکتوز]، n= 15) تقسیم شدند. مشاهده سوابق پزشکی نشان داد که آزمودنی‌ها دارای هیچ نوع بیماری خاص یا ناراحتی ارتوپدی نبوده و داروی خاصی مصرف نمی‌کردند. در این پژوهش ابتدا آزمودنی‌های هر دو گروه آزمون ارگومتری زیربیشینه استراند (۱۴) را به مدت ۲۰ دقیقه روی دو چرخه کارسنج ثابت اجرا نموده و بلافاصله پس از اتمام آزمون، از آنها نمونه‌گیری خون توسط پزشک آزمایشگاه به عمل آمد (پیش آزمون). سپس افراد دو گروه تجربی و کنترل به ترتیب روزانه ۳ گرم ال-کارنیتین و دارونما (لاکتوز) را در قالب کپسول‌های یک گرمی به مدت ۲۱ روز مصرف نمودند. بعد از اتمام دوره مکمل سازی (۲۱ روز) افراد هر دو گروه مجدداً آزمون ارگومتری استراند را مشابه با شرایط پیش آزمون اجرا نموده و متعاقب آن از آنها نمونه‌گیری خون به عمل آمد (پس آزمون). کیت‌های آزمایشگاهی طرح مورد نظر از شرکت پارس آزمون تهیه شده و نمونه‌های مذکور توسط دستگاه اتوآنالایزر کوباس آنالیز شدند.

شیوه اجرای آزمون استراند: آزمون ارگومتری استراند یک آزمون زیربیشینه است که روی دوچرخه کارسنج پایی اجرا می‌شود. در این آزمون، پس از دو دقیقه گرم کردن روی دوچرخه بدون هیچ بار کار، مرحله اصلی اجرا می‌شود. این مرحله شامل ۶ دقیقه فعالیت روی دوچرخه با سرعت پدال زنی ۵۰ دور در دقیقه تحت بار کار ۹۸ وات است. در ۱۰ ثانیه آخر آزمون ضربان قلب فرد به منظور محاسبه VO2max با استفاده از نموگرام استراند (۱۴) ثبت می‌شود. (VO2max یا حداکثر اکسیژن مصرفی از مشخصه‌های اصلی ظرفیت هوازی است و به صورت توانایی بدن در جذب بیشترین مقدار اکسیژن مصرفی هنگام فعالیت ورزشی تعریف می‌شود. افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی بواسطه تمرین ورزشی یا هر عامل دیگر حاکی از افزایش ظرفیت یا عملکرد استقامتی فرد است) (۱). در این آزمون پس از ۶ دقیقه فعالیت، زمان آزمون تا ۲۰ دقیقه به منظور فعال شدن کامل اکسیداسیون کربوهیدرات و چربی ادامه یافت. در طول آزمون سرعت پدال زنی و فشار کار برای همه افراد یکسان است (۵۰ دور در دقیقه، ۹۸ وات). همه آزمودنی‌ها آزمون ارگومتری را با موفقیت اجرا نمودند. هیچ گونه عوارض جانبی بواسطه ۲۱ روز مکمل سازی ال-کارنیتین یا دارونما در آزمودنی‌ها مشاهده نشد. نمونه‌های خون تهیه شده در آزمایشگاه خون آنالیز شده و پس از جمع‌آوری اطلاعات آماری (گلوکز، پلاسما، لاکتات، لاکتات دهیدروژناز، ضربان قلب استراحت، VO2max)، از آزمون تی مستقل (Independent-sample T test) برای مقایسه پیش آزمون دو گروه کنترل و تجربی و از آزمون تی جفت (Paired-samples T test) برای مقایسه وضعیت پیش و پس آزمون دو گروه استفاده شد. همه متغیرها در سطح معنی‌داری ($p<0.05$) با هم مقایسه شدند.

یافته‌ها

جدول ۱ تغییرات فیزیولوژیک و فاکتورهای متابولیک را در دو گروه مورد مطالعه متعاقب آزمون‌های ورزشی نشان می‌دهد.

یافته‌های آماری حاصله از آزمون تی مستقل نشان داد که اندازه هر یک از متغیرها در وضعیت پیش آزمون بین دو گروه کنترل و تجربی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ($p>0.05$). همچنین یافته‌های حاصله از آزمون تی جفت نیز نشان داد که مکمل سازی ال-

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-05]

کارنیتین با عدم تغییر در غلظت گلوکز پلاسما هنگام آزمون ارگومتری همراه بود. به عبارت دیگر این مکمل سازی به تغییری در موجودیت گلوکز خون منجر نشد (p>0.05). غلظت لاکتات خون و میزان فعالیت لاکتات دی هیدروژناز بواسطه مکمل سازی ال-کارنیتین یا دارونما تحت تأثیر قرار نگرفت و مقدار آنها در شرایط پس آزمون تغییر معنی‌داری نسبت به شرایط پیش آزمون نداشت (p>0.05). مکمل سازی ال-کارنیتین ضربان قلب استراحت را نیز تحت تأثیر قرار نداد (p>0.05). حداکثر اکسیژن مصرفی که از شاخص‌های برجسته سنجش عملکرد استقامتی هنگام فعالیت‌های ورزشی است نیز بواسطه مکمل سازی ال-کارنیتین تغییر معنی‌داری نداشت (p>0.05). در گروه کنترل نیز هیچکدام از متغیرهای مذکور در وضعیت پیش و پس آزمون تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (p>0.05).

جدول ۱: میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای متابولیکی، حداکثر اکسیژن مصرفی و ضربان قلب هنگام آزمون ورزشی در گروههای مورد مطالعه

متغیر گروه	گلوکز (میلی گرم بر دسی لیتر)	لاکتات (میلی مول بر لیتر)	لاکتات دئیدروژناز (واحد بر لیتر)	حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر بر گیلوگرم در دقیقه)	ضربان قلب نهایی (ضربان در دقیقه)
کنترل(پیش آزمون)	۱۰۱±۱۲	۵/۶۱±۰/۷۳	۳۰۰±۵۹	۳۳±۷	۱۵۰±۱۹
کنترل(پس آزمون)	۹۹±۱۲	۵/۱۷±۰/۶۳	۳۴۹±۴۷	۳۴±۸	۱۴۵±۱۳
تجربی (پیش آزمون)	۹۷±۱۵	۴/۴۹±۰/۷۸	۳۵۳±۹۵	۳۵±۹	۱۴۵±۱۶
تجربی (پس آزمون)	۹۸±۱۷	۴/۷۲±۰/۶۶	۳۶۱±۶۳	۳۳±۶	۱۴۸±۱۰

بحث

در سال‌های اخیر استفاده از ال- کارنیتین در ورزشکاران به طور گسترده‌ای رواج یافته است. یکی از دلایل استفاده از کارنیتین عدم اثرات جانبی مکمل سازی آن می‌باشد (۱۵). کاهش تجمع لاکتات خون هنگام فعالیت ورزرشی معین، وابستگی بیشتر تولید انرژی به متابولیسم هوازی بویژه متابولیسم چربی‌ها را خاطر نشان می‌کند (۲). برخی مطالعات نشان داده‌اند که مصرف ال-کارنیتین به کاهش تجمع لاکتات حین فعالیت و به تبع آن بهبود عملکرد ورزشی منجر می‌شود (۱۶,۱۷). اما در مطالعات دیگر، مکمل سازی طولانی مدت ال-کارنیتین تغییر معنی‌داری را در غلظت لاکتات خون هنگام فعالیت ورزشی را ایجاد نکرد (۱۸,۱۹).

همچنین تصور بر این است که مکمل سازی ال-کارنیتین، فعالیت لاکتات دی هیدروژناز که پیروات را به لاکتات بر می‌گرداند کاهش داده و پیامد آن کاهش تجمع اسید لاکتیک هنگام فعالیت ورزشی است (۲۰). یافته‌های مطالعه ما نشان داد که مکمل سازی ۲۱ روزه ال-کارنیتین به تغییری در غلظت لاکتات خون و میزان فعالیت لاکتات دهیدروژناز هنگام آزمون ورزشی منجر نمی‌شود.

مطالعه استفن و آبراموویس خاطر نشان می‌کنند که افزایش محتوی کارنیتین عضلانی بواسطه مکمل سازی آن در افراد سالم به کاهش اکسیداسیون کربوهیدرات و افزایش ذخایر گلیکوژن بدن و ذخایر گلوکز خون منجر می‌شود (۷,۱۱). برخلاف این یافته‌ها، مطالعه برود نشان داد که مکمل سازی ال-کارنیتین برای مدت سه ماه با

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-05]

هیچ تغییری در غلظت گلوکز خون، اکسیداسیون کربوهیدرات و مصرف سایر سوبستراها همراه نیست (۸). همچنین مطالعه پانجوانی روی خرگوش‌ها نیز عدم تأثیر مکمل سازی ۲۵ روزه ال-کارنیتین روی سطوح گلوکز پلاسما هنگام فعالیت ورزشی را خاطرنشان می‌کند (۲۱). یافته‌های مطالعه حاضر نیز نشان داد که مکمل سازی ال-کارنیتین به تغییر معنی‌داری در غلظت گلوکز خون منجر نمی‌شود.

افزایش میزان VO2max و یا کاهش تعداد ضربان قلب استراحت یا تمرین بواسطه تمرینات طولانی مدت یا مکمل سازی مواد انرژی‌زا بیانگر افزایش عملکرد ورزشی یا آمادگی هوازی افراد ورزشکار، غیر ورزشکار یا بیمار می‌باشد (۱). در این زمینه، مطالعه بورقی و برخی مطالعات دیگر از کاهش معنی‌دار ضربان قلب بواسطه مکمل سازی طولانی مدت ال-کارنیتین حکایت می‌کند (۱۳,۲۲). مصرف طولانی مدت ال-کارنیتین در مطالعات آرناز و مارکونی نیز به افزایش معنی‌دار VO2max منجر شد (۲۳,۲۴). اما مطالعات ارگلو، گریک و استویسی عدم تغییر ضربان قلب و VO2max را بواسطه مکمل سازی ال-کارنیتین خاطر نشان می‌کنند (۱۰,۲۵,۲۶). یافته‌های مطالعه براس نشان داد که مصرف ال-کارنیتین در بیماران کلیوی، علیرغم افزایش غلظت پلاسمایی کارنیتین تأثیری روی سطوح VO2max آنان ندارد (۲۷). یافته‌های مطالعه حاضر نیز نشان داد که مصرف روزانه ۳ گرم ال-کارنیتین برای مدت ۲۱ روز تأثیر معنی‌داری روی اندازه VO2max و ضربان قلب استراحت ندارد. از طرفی، برخی مطالعات اشاره می‌کنند که اثر مثبت این مکمل سازی بیشتر به افراد ورزشکار محدود می‌شود (۲۸).

نتیجه‌گیری

برخی مطالعات پژوهشی اظهار می‌دارند که مکمل سازی کارنیتین با افزایش انتقال اسید چرب آزاد به میتوکندری، کاهش اکسیداسیون کربوهیدرات و تأخیر در شروع خستگی هنگام فعالیت ورزشی همراه می‌باشد. برخی از مطالعات امروزی نیز اظهار می‌دارند که مزایای انرژی زایی مکمل سازی کارنیتین منحصر به افراد دارای نقص کارنیتین است و این مکمل سازی در افراد سالم به تغییری در انرژی زایی منابع سوختی منجر نمی‌شود. یافته‌های مطالعه حاضر نیز عدم تأثیر این مکمل سازی روی متغیرهای درگیر در متابولیسم کربوهیدرات و عملکرد استقامتی را گزارش می‌کند و از این نظریه که مکمل سازی ال-کارنیتین در افراد سالم بدون تأثیر است حمایت می‌کند. البته این احتمال وجود دارد که مزایای انرژی‌زایی ال-کارنیتین بیشتر به مراحل انتهایی فعالیت‌های طولانی مدت محدود شود که نیازمند مطالعات بیشتر در این زمینه است.

تشکر و قدردانی

این مطالعه با حمایت مالی دانشگاه آزاد ساوه انجام گردید. همچنین نویسندگان مقاله از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه و همکاری اداره بهداشت شهرستان ساوه، دانشگاه علوم پزشکی اراک و آزمایشگاه خون دانش شهرستان ساوه که زمینه را جهت اجرای دقیق و مناسب این پژوهش احیا نمودند تشکر و قدردانی می‌نمایند.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-05]

References

1. Wilmore JH, Costill DL. Physiology of spoet and exercise. Champaign IL: Human Kinetic publication, 1994; 241-50.
2. Ron Maughan, Michael Gleeson, Paul L. Biochemistry of exercise & Training, 1st ed. Oxford Medical Publications, USA. 1997; 130-37.
3. Hawley JA. Effect of increased fatty availability on metabolism and exercise capacity. Med Sci Sports Exercise. 2002; 34: 1485-91.
4. Cha YS, Choi SK, Suh H, Lee SN, Cho D, Li K. Effects of carnitine coingested caffeine on carnitine metabolism and endurance capacity in athletes. J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo). 2001; 47: 378-84.
5. Kraemer WJ, Volek JS, Dunn-Lewis C. L-carnitine supplementation: influence upon physiological function. Curr Sports Med Rep. 2008; 7: 218-23.
6. Heinonen, O.J. Carnitine and physical exercise; A review article, Sports Med. 1996; 22: 109-132.
7. Stephens FB, Constantin-Teodosiu D, Greenhaff PL. New insights concerning the role of carnitine in the regulation of fuel metabolism in skeletal muscle. J Physiol. 2007; 581: 431-44.
8. Broad EM, Maughan RJ, Galloway SD. Effects of four weeks L-carnitine L-tartrate ingestion on substrate utilization during prolonged exercise. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2005; 15: 665-79.
9. Lee JK, Lee JS, Park H, Cha YS, Yoon CS, Kim CK. Effect of L-carnitine supplementation and aerobic training on FABPc content and beta-HAD activity in human skeletal muscle. Eur J Appl Physiol. 2007; 99: 193-9.
10. Eroglu H, Senel O, Güzel NA. Effects of acute L-carnitine intake on metabolic and blood lactate levels of elite badminton players. Neuro Endocrinol Lett. 2008; 29: 261-6.
11. Abramowicz WN, Galloway SD. Effects of acute versus chronic L-carnitine L-tartrate supplementation on metabolic responses to steady state exercise in males and females. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2005; 15: 386-400.
12. Muller DM, Seim H, Kiess W, Loster H, Richter T. Effect of oral L-carnitine supplementation on in vivo long-chain fatty acid oxidation in healthy adult. Metabolism. 2002; 51: 1389-91.
13. Borghi-Silva A, Baldissera V, Sampaio LM, Pires-DiLorenzo VA, Jamami M, Demonte A, Marchini JS, Costa D. L-carnitine as an ergogenic aid for patients with chronic obstructive pulmonary disease submitted to whole-body and respiratory muscle training programs. Braz J Med Biol Res. 2006; 39: 465-74.
14. Assessing VO2max in edipemiological studies: Modification of the Astrand- Ryhming test. Medicine and science in sports and exercise. 1982; 14: 335-338.
15. Heidrum K, Alfred L. Supplementation of L- carnitine in athletes: does it make sense. Nutrition journal. 2004; 20: 709-715.
16. Dragan GI, Vasilio A, Georgescu E, Dumas I. Studies concerning chronic and acute effects of L-carnitine on some biological parameters in elite athletes. Physiology. 1987; 24: 23-28.
17. Siliprandi N, Dilisa F, Pieralisi G. Metabolic changes induced by maximal exercise in human subjects following L-carnitine administration. Biochem Biophys Acta. 1990; 1034: 17-21.
18. Kiens B, Roepstorff C. Utilization of long-chain fatty acids in human skeletal muscle during exercise. Acta Physiol Scand. 2003; 178: 391-6.
19. Wachter S, Vogtm M, Kreis R, Boesch C, Bigler P, Hoppeler H, Kerahenbuh S. Long-term adminstration of L-carnitine to human; effect on skeletal muscle carnitine content and physical performance. Clin chim Acta. 2002; 318: 51-61.
20. Olli JH. L-carnitine supplementation. Central laboratory, department of clinical chemistry. Turku university central hospital, Turku, Finland and sports medical research unit, Department of physiology. 1992; 111-18.
21. Panjwani U, Thakur L, Anand JP, Singh SN, Amitabh , Singh SB, Banerjee PK. Effect of l-Carnitine Supplementation on Endurance Exercise in Normobaric/Normoxic and Hypobaric/Hypoxic Conditions. Wilderness Environ Med. 2007; 18: 169-76.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-05]

22. Gorostiaga EM, Maurer CA, Eclache JP. Decrease in respiratory quotient during exercise following L-carnitine supplementation. International journal of sports medicine. 1989; 10: 169-174.
23. Arenas J, Huertas R, Campos Y, Díaz AE, Villalón JM, Vilas E.. Effects of of L-carnitine of the pyruvate dehydrogenase complex and carnitine palmytoyl transferase activites in muscle of endurance athletes. FEBS Letters. 1994; 341: 91-93.
24. Marconi C, Sassi G, Carpinelli A, Cerretlli P. Effect of L-carnitine loading on the aerobic and anaerobic performance of endurance athletes. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1985; 54: 131-5.
25. Greig C, Finch KM, Jones DA, Cooper M, Sargeant AJ, Forte CA. The effect of oral supplementation with L-carnitine on maximum and submaximal exercise capacity. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1987; 54: 457-60.
26. Stuessi C, Hofer P, Meier C, Boutellier U. L -Carnitine and the recovery from exhaustive endurance exercise: a randomised, double-blind, placebo-controlled trial. Eur J Appl Physiol. 2005; 95: 431-5.
27. Brass EP, Adler S, Sietsema KE, Hiatt WR, Orlando AM, Amato A. Intravenous L-carnitine increases plasma carnitine, reduces fatigue, and may preserve exercise capacity in hemodialysis patients. Am J Kidney Dis. 2001; 37: 1018-28.
28. Bacurau RF, Navarro F, Bassit RA, Menegulle MO, Santos RV, Almeida AL, Costa Rosa LF. Does exercise training interfere with the effects of L-carnitine supplementation? Nutrition. 2003; 19: 337-41.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-05]