

علوم زیستی ورزشی - بهار ۱۳۹۳  
دوره ۶، شماره ۱ - ص: ۵۷ - ۶۸  
تاریخ دریافت: ۹۲/۰۲/۰۵  
تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۶/۲۵

## تأثیر مکمل ال کارنیتین و تمرین هوازی بر توان هوازی و لاکتات خون در مردان جوان

۱. مجید کاشف \_ ۲. علیرضا رمضانی \_ ۳. محمود محمدی<sup>۱</sup>

۱. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزش دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، ۲. استادیار گروه فیزیولوژی ورزش دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، ۳. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

### چکیده

تحقیق حاضر به منظور تعیین اثر مصرف مکمل ال کارنیتین و تمرینات منتخب بر توان هوازی و لاکتات خون در مردان جوان انجام گرفت. در این تحقیق ۳۰ دانشجوی غیرورزشکار دانشگاه شهید رجایی با میانگین سنی  $22/63 \pm 1/75$  سال، قد  $176/47 \pm 6$  سانتی متر، وزن  $72/33 \pm 10$  کیلوگرم و  $BMI: 23/17 \pm 2/6$  کیلوگرم بر متر مربع شرکت داشتند. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به سه گروه تمرین، مکمل و مکمل و تمرین تقسیم شدند. تمرینات به صورت اینتروال و به مدت چهار هفته و هر هفته سه جلسه ۶۰ دقیقه‌ای با شدت ۸۰-۶۵ درصد حداکثر ضربان قلب اجرا شد. قبل از شروع تمرینات و مکمل دهی و بعد از چهار هفته، توان هوازی با استفاده از آزمون بروس و مقدار لاکتات خون به وسیله لاکتومتر و فشار خون استراحتی و حداکثر و ضربان قلب استراحتی و حداکثر اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از آمار توصیفی و آزمون کولموگروف اسمیرنوف و آزمون‌های لوین و t همبسته و تحلیل واریانس یکطرفه بررسی شد. مکمل ال کارنیتین موجب بهبود توان هوازی و افزایش زمان واماندگی ( $P < 0/01$ ) و کاهش مقدار اسید لاکتیک استراحتی شد ( $P < 0/01$ )، اما بر مقدار اسید لاکتیک فعالیتی تأثیر معناداری نداشت. مکمل به همراه تمرینات ورزشی موجب بهبود توان هوازی ( $P < 0/01$ ) و کاهش مقدار اسید لاکتیک استراحتی شد ( $P < 0/01$ )، اما بر مقدار اسید لاکتیک فعالیتی تأثیر معناداری نداشت. همچنین بین تأثیر تمرینات ورزشی و مکمل و تمرین به همراه مکمل بر توان هوازی و مقدار لاکتات استراحتی و فعالیتی خون تفاوت معناداری وجود نداشت. بنابراین برای بهبود عملکرد ورزشی و افزایش توان هوازی می‌توان از مکمل ال کارنیتین به همراه تمرینات ورزشی استفاده کرد.

### واژه‌های کلیدی

ال کارنیتین، توان هوازی، لاکتات خون، مردان جوان.

### مقدمه

در سطوح بالای ورزشی، مرز بین پیروزی و شکست، بسیار باریک است. شرکت کنندگان در یک مسابقه ورزشی، از نظر استعداد، تمرین، انگیزش و راهکارها با یکدیگر متفاوتند، اما تغذیه عامل بسیار مهمی در کسب نتیجه به شمار می‌آید. ورزشکاران درباره غذاهای مصرفی خود اطلاعات کمی دارند و اغلب مکمل‌های غذایی را جایگزین غذا در نظر می‌گیرند که تفکر نادرستی است. با این همه، مصرف مکمل‌های غذایی در ورزش گسترده است و کمتر ورزشکاری را می‌توان یافت که لااقل در برخی از مراحل، یک یا چند مکمل غذایی مصرف نکرده باشد (۶). مواد غذایی کمکی نیروزا برای دستیابی عملکرد بهتر ورزشی، فراتر از آنچه از رژیم متعادل غذایی انتظار می‌رود، مصرف می‌شوند. اثرگذاری این مواد به شکل‌های مختلفی از جمله افزایش به‌کارگیری انرژی در عضله (مکمل‌های کراتین)، افزایش فرایندهای سوخت‌وسازی و آزادسازی انرژی از عضلات (مکمل‌های ال‌کارنیتین)، بهبود کنترل عصبی انقباضات عضلانی (مکمل‌های کولین) و... صورت می‌گیرد (۳). کارنیتین (ال-۳-هیدروکسی تری متیل آمینوبوتانات) ماده‌ای مغذی و شبه‌ویتامین است که به مقدار اندک در بدن حیوانات از دو اسید آمینه ضروری لیزین و متیونین در کبد و کلیه سنتز می‌شود. به‌طور متوسط ۲۵-۲۰ گرم ال‌کارنیتین در بدن انسان وجود دارد که بیش از ۹۵ درصد آن در عضلات اسکلتی ذخیره شده است (۱۲،۱۳). ال‌کارنیتین شکل فعال فیزیولوژیکی کارنیتین است (۱۶) از طرفی اسید لاکتیک محصول نهایی گلیکولیز در شرایط کمبود اکسیژن است و عامل اصلی خستگی عضلانی به‌شمار می‌رود (۱۵،۱۹). تولید اسید لاکتیک از طریق کاهش PH خون، به کاهش رهاسازی کلسیم و میل ترکیبی آن با تروپونین منجر می‌شود (۱۷). در نتیجه، افزایش مقدار اسیدلاکتیک سبب اختلال در عملکرد عضلات و محدود شدن ظرفیت استقامتی ورزشکار می‌شود (۱۴). کمبود کارنیتین، اختلال در متابولیسم لیپیدها را در پی دارد (۲۱،۱۶،۹). از طرفی فعالیت بدنی موجب کاهش کارنیتین عضلات می‌شود (۱۰،۲۰). تحقیقات فراوانی در مورد تأثیر مکمل ال‌کارنیتین بر توان هوازی و لاکتات پلاسما و همچنین گلوکز پلاسما و متابولیسم چربی انجام گرفته است که در برخی موارد نتایج به‌دست‌آمده با هم متناقض‌اند. ایزدی و همکاران (۱۳۸۷) در تحقیق خود با عنوان "اثر مکمل‌سازی طولانی‌مدت ال‌کارنیتین بر گلوکز و لاکتات پلاسما هنگام فعالیت ورزشی" به این نتیجه رسیدند که سه هفته مکمل‌سازی ال‌کارنیتین مصرف سوبسترا و متابولیسم کربوهیدرات را متأثر نمی‌کند و این مکمل‌سازی با بهبود در عملکرد ورزشی همراه نیست (۱). همچنین ایزدی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که سه هفته مکمل‌سازی ال‌کارنیتین ال‌تارتارات

بر متابولیسم چربی و عملکرد استقامتی تأثیر نمی‌گذارد (۲). از طرفی شعاع کاظمی و همکاران (۱۳۸۴) در تحقیق "اثر مکمل‌دهی حاد با ال کارنیتین بر سطح اسید لاکتیک خون" به این نتیجه رسیدند که با مصرف ال کارنیتین سطح اسید لاکتیک خون به‌طور معناداری افزایش کمتری نسبت به گروه دارونما یافت (۴). تحقیق برود<sup>۱</sup> (۲۰۰۵) نشان داد که چهار هفته مکمل‌سازی ال کارنیتین تأثیری بر عملکرد استقامتی، مصرف سوپسترا و اکسیداسیون چربی یا کربوهیدرات و متابولیت آنها هنگام فعالیت ورزشی زیر بیشینه ندارد (۱۱). اما تحقیقات آبراموویس<sup>۲</sup> (۲۰۰۵)، مولر<sup>۳</sup> (۲۰۰۲) و بورقی<sup>۴</sup> (۲۰۰۶) به افزایش اکسیداسیون چربی و عملکرد ورزشی و کاهش لاکتات و ضربان قلب و کاهش مصرف گلوکز به‌واسطه مکمل‌سازی ال کارنیتین هنگام فعالیت ورزشی اشاره می‌کنند (۱۸،۸،۷). تحقیقات بیشتر در مورد سودمندی مکمل‌ها و آشنایی با آثار جانبی مصرف آنها می‌تواند به مربیان و دست‌اندرکاران ورزشی فرصت دهد که در تجویز یا عدم تجویز مکمل‌های ورزشی دقت و کنترل لازم را داشته باشند (۵). با توجه به اینکه نتایج تحقیقات انجام‌گرفته تاکنون، یکسان نیستند و در برخی موارد متناقض‌اند و اینکه تحقیقات گذشته از مکمل‌ال کارنیتین بدون تمرینات ورزشی استفاده کرده‌اند، پژوهش حاضر بر آن است که تأثیر چهار هفته مصرف مکمل ال کارنیتین (روزانه ۲ گرم) را به‌همراه تمرینات هوازی (سه جلسه در هفته) بر توان هوازی و مقدار لاکتات خون در دانشجویان پسر غیرورزشکار در محدوده سنی ۲۵-۲۰ سال بررسی کند.

### روش تحقیق

این تحقیق از نوع نیمه‌تجربی است. جامعه آماری دانشجویان پسر غیرورزشکار ۲۵-۲۰ ساله و جامعه در دسترس دانشجویان پسر دانشگاه شهیدرجایی و حجم نمونه شامل ۳۰ نفر از دانشجویان دانشگاه شهید رجایی بود که داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند و به‌صورت تصادفی ساده به سه گروه ۱۰ نفری (مکمل، تمرین، مکمل و تمرین) تقسیم شدند. هر سه گروه از لحاظ بیماری‌های قلبی-تنفسی و معلولیت جسمی کنترل شدند. قبل و بعد از دوره مکمل‌سازی، آزمودنی‌های هر سه گروه پروتکل بروس را تا رسیدن به حد خستگی اجرا کردند و توان

- 
1. Broad
  2. Abramowicz
  3. Muller
  4. Borghi

هوازی آنها اندازه‌گیری شد. گروه مکمل و تمرین، مصرف روزانه ۲ گرم مکمل ال کارنیتین محلول در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب و ۶ قطره آب‌لیمو و تمرینات هوازی (سه جلسه در هفته) به مدت چهار هفته و گروه مکمل که مصرف روزانه ۲ گرم مکمل ال کارنیتین داشتند و گروه تمرین فقط تمرینات هوازی به مدت چهار هفته انجام دادند. مشخصات عمومی و اطلاعات مربوط به متغیرهای پیکرسنجی (قد و وزن) کلیه آزمودنی‌ها، اندازه‌گیری و ثبت شد. ضربان قلب استراحتی آزمودنی‌ها با گوشی پزشکی اندازه‌گیری و ثبت شد. در روز اول آزمون، پس از ۱۲ ساعت ناشتایی، اولین نمونه خون با استفاده از لانس مخصوص از نوک انگشت تمام آزمودنی‌ها گرفته شد. سپس مقدراً اسیدلاکتیک نمونه‌های خون بلافاصله با دستگاه لاکتومتر Scout اندازه‌گیری و ثبت شد. پس از آن همه آزمودنی‌ها آزمون بروس را برای اندازه‌گیری توان هوازی، روی تردمیل اجرا کردند و مقدار توان هوازی آنها، به صورت حداکثر اکسیژن مصرفی ثبت شد. بلافاصله خون‌گیری دوم از نوک انگشت به وسیله لانس به عمل آمد و به سرعت توسط دستگاه لاکتومتر، غلظت لاکتات آن آنالیز شد. پس از پایان دوره مکمل‌گیری (چهار هفته)، ضربان قلب استراحتی همه آزمودنی‌ها به وسیله گوشی پزشکی اندازه‌گیری و ثبت شد. سپس، همه آزمودنی‌ها در همان ساعت و همان مکان و با استفاده از همان دستگاه‌ها، آزمون بروس را اجرا کردند. بلافاصله پس از پایان آزمون بروس، مدت زمان اجرای آزمون و ضربان قلب ثبت شد. سپس خون‌گیری از نوک انگشت صورت گرفت و غلظت لاکتات خون با لاکتومتر اندازه‌گیری و ثبت شد. تغییرات سطح لاکتات خون و همچنین تغییرات مقدار توان هوازی در هر سه گروه نسبت به قبل از مکمل‌گیری محاسبه شد.

#### ابزار اندازه‌گیری

از ترازوی دیجیتالی (مارک seca ساخت آلمان با دقت اندازه‌گیری ۰/۱ کیلوگرم) برای اندازه‌گیری وزن، از متر نواری برای سنجش قد و از ضربان‌سنج مدل بیورر Beurer ساخت آلمان برای اندازه‌گیری تعداد ضربان قلب در دقیقه استفاده شد. برای اندازه‌گیری مقدار لاکتات خون از لاکتومتر مارک Scout و تست استریپ‌های کد ۴۴، از لانس به منظور نمونه‌گیری خون، برای اندازه‌گیری مقدار لاکتات خون و اجرای تست بروس از تردمیل و برای اندازه‌گیری توان هوازی از آزمون بروس استفاده شد.

#### پروتکل تمرینی: با الگوبرداری از برنامه تمرینی (آری هنینو، ۱۹۹۹، ۱۹۹۸) به مدت چهار هفته، هر هفته

سه جلسه ۶۰ دقیقه‌ای بود. نوع تمرینات اینتروال با نسبت ۱/۲ کار به استراحت بود. برای رعایت اصل اضافه بار

زمان استراحت و کار و نیز شدت تمرین افزایش می‌یافت. برنامه شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن و ۴۵ دقیقه برنامه اصلی و ۵ دقیقه سرد کردن در انتهای هر جلسه بود. برنامه اصلی دویدن با شدت ۸۰-۶۵ درصد حداکثر ضربان قلب اجرا شد.

جدول ۱. پروتکل تمرین استقامتی تناوبی

مدت زمان استراحت (ثانیه)	مدت هر تکرار (ثانیه)	شدت تمرین (درصد حداکثر ضربان قلب)	هفته‌های تمرین
۳۰	۱۵	۶۵	اول
۴۰	۲۰	۷۰	دوم
۵۰	۲۵	۷۵	سوم
۶۰	۳۰	۸۰	چهارم

## روش آماری

از آمار توصیفی برای تعیین میانگین، انحراف معیار، پراکندگی، نمودارها، جداول و برای آزمون فرضیه‌های تحقیق از آمار استنباطی شامل آزمون t مستقل و تحلیل واریانس یکطرفه و برای اطمینان از همگن بودن داده‌ها از آزمون لوین و برای توزیع طبیعی گروه‌ها از آزمون کولموگروف اسمیرنوف استفاده شد. کلیه محاسبات با نرم‌افزار spss 18 انجام گرفت. آزمون فرضیه‌ها در سطح معناداری  $P \leq 0/05$  در نظر گرفته شده است.

## نتایج و یافته‌های تحقیق

مشخصه‌های فردی آزمودنی‌ها در جدول ۲ و میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای اسید لاکتیک استراحتی و فعالیتی و توان هوازی و زمان واماندگی قبل و بعد از دوره مکمل‌گیری و تمرین در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۲. ویژگی‌های عمومی آزمودنی‌ها

گروه	تمرین	مکمل	مکمل و تمرین
متغیر	M±SD	M±SD	M±SD
سن (سال)	۲۲/۲±۱/۷۵	۲۳/۶±۱/۳۵	۲۲/۱±۱/۸۵
قد (سانتی‌متر)	۱۷۷/۳±۴/۴۳	۱۷۴/۱±۷/۷۳	۱۷۸±۵/۳۵
وزن (کیلوگرم)	۶۷/۶±۷/۷۹	۷۱/۱±۹	۷۸/۳±۱۰/۸
شاخص توده بدن $\text{Kg/m}^2$	۲۱/۴۸±۲/۲۶	۲۳/۳۹±۱/۶۶	۲۴/۶۶±۲/۸۶

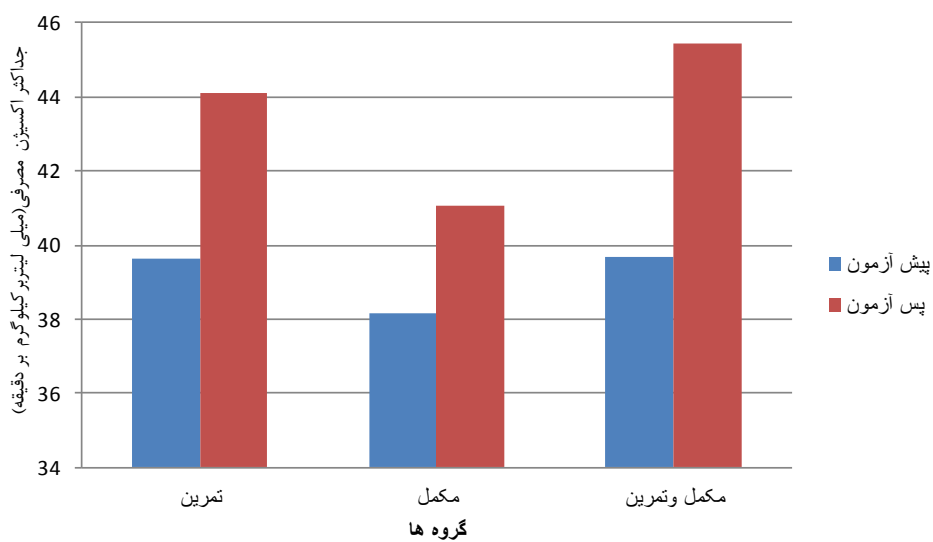
جدول ۳. میانگین و انحراف معیار متغیرهای تحقیق در سه گروه قبل و بعد از مداخله

متغیر	اسید لاکتیک استراحتی (میلی مول بر لیتر)		اسید لاکتیک حداکثر (میلی مول بر لیتر)		توان هوازی (میلی لیتر بر کیلوگرم بر دقیقه)		زمان واماندگی (دقیقه)	گروه
	پیش	پس	پیش	پس	پیش	پس	پس	
تمرین	۴/۶۵±۲/۰۷	۱/۷۹±۲/۷۷	۱۲/۲±۳/۵	۱۳/۸±۳/۴	۳۹/۶±۷/۶	۴۴/۱±۴/۴	۱۰/۶۴±۲/۳	۱۲±۱/۳
مکمل	۰/۹۲±۳/۵۶	۲/۶۷±۰/۷۳*	۱۲/۷۴±۴/۹	۱۳±۳/۷	۳۸/۱۵±۴/۲	۴۱/۰۸±۳/۶*	۱۰/۳۸±۱/۲	۱۱/۲۵±۱/۱*
مکمل و تمرین	۴/۳۷±۱/۶۵	۲/۴±۰/۷۳*	۱۱/۶±۳/۵	۱۲/۷۳±۲/۲	۳۹/۷±۶/۲	۴۵/۴±۵/۸**	۱۰/۷۵±۱/۸	۲/۵۴±۱/۶***

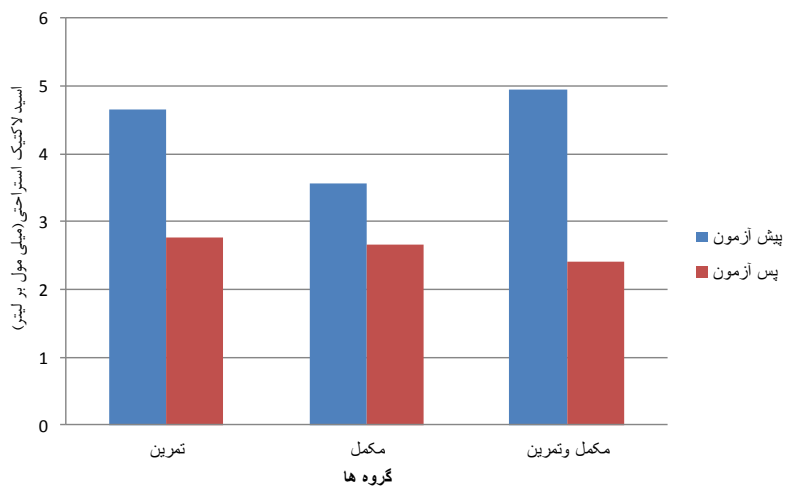
\* P&lt;۰/۰۱ نشانۀ معناداری. \*\* P&lt;۰/۰۰۱ نشانۀ معناداری.

با استفاده از آزمون t همبسته، میانگین‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون سه گروه با یکدیگر مقایسه شد. برای مقایسه تأثیر مکمل ال کارنیتین، تمرین ورزشی و مکمل به‌همراه تمرین ورزشی بر متغیرهای تحقیق در سه گروه از آزمون تحلیل واریانس یکطرفه استفاده شد. یافته‌های تحقیق نشان داد که مصرف مکمل ال کارنیتین در سطح (P<۰/۰۱) و مکمل به‌همراه تمرینات ورزشی در سطح (P<۰/۰۰۱) بر توان هوازی مردان جوان تأثیر دارند و موجب بهبود توان هوازی و افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی می‌شوند.

همچنین ال کارنیتین و ال کارنیتین به‌همراه تمرینات ورزشی در سطح (P<۰/۰۱) بر مقدار اسید لاکتیک استراحتی تأثیر دارند و موجب کاهش مقدار اسید لاکتیک استراحتی می‌شوند، اما بر مقدار اسید لاکتیک فعالیتی تأثیری ندارند. همچنین بین تأثیر مصرف مکمل ال کارنیتین، تمرین ورزشی و مکمل به‌همراه تمرین ورزشی بر مقدار اسید لاکتیک استراحتی و فعالیتی و توان هوازی تفاوت معناداری وجود ندارد.



نمودار ۱. حداکثر اکسیژن مصرفی در گروه های مکمل، تمرین و مکمل تمرین



نمودار ۲. اسید لاکتیک استراحتی در گروه های مکمل، تمرین و مکمل و تمرین



نمودار ۳. زمان واماندگی در گروه‌های مکمل، تمرین و مکمل و تمرین

### بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق تأثیر مصرف مکمل ال کارنیتین همراه با تمرینات ورزشی بر مقدار اسید لاکتیک استراحتی و حداکثر خون مردان جوان بررسی شد. نتایج نشان داد که مصرف مکمل ال کارنیتین و مکمل به‌همراه تمرین ورزشی بر مقدار اسید لاکتیک استراحتی تأثیر معناداری می‌گذارند و موجب کاهش مقدار اسید لاکتیک استراحتی می‌شوند، ولی بر مقدار اسید لاکتیک حداکثر خون تأثیری ندارند. کاهش تجمع لاکتات خون هنگام فعالیت ورزشی معین، وابستگی بیشتر تولید انرژی به متابولیسم هوازی به‌ویژه متابولیسم چربی‌ها را نشان می‌دهد. ال کارنیتین مهارکننده آنزیم کلیدی بی‌هوازی فسفوفروکتوکیناز (Phosphofruktokinase) است و سبب کاهش سرعت گلیکولیز می‌شود.

عملکرد دیگر ال کارنیتین تأثیر آن بر نسبت استیل کوآ به کوآی آزاد است. استیل کوآ یک ترکیب دوکربنه است، کوآ نیز یکی از مشتقات ویتامین B است. مکمل ال کارنیتین با مقداری از استیل کوآهای اضافی که در طول تمرینات با شدت زیاد تجمع پیدا کرده‌اند، از طریق تولید استیل کارنیتین واکنش می‌دهد و موجب کاهش نسبت استیل کوآ به کوآی آزاد می‌شود. این کاهش نسبت، آنزیم پیرووات دهیدروژناز را فعال می‌کند و فعالیت لاکتات-د هیدروژناز را که پیرووات را به لاکتات بر می‌گرداند، کاهش می‌دهد. فعال‌سازی آنزیم پیرووات



دهیدروژناز سبب می‌شود مقدار پیرووات بیشتری در مقابل با لاکتات، به استیل کوآ تبدیل شود. تجمع لاکتات کمتر به معنای تعویق افتادن خستگی است. علاوه بر این، هنگامی که ال کارنیتین با استیل کوآ واکنش می‌دهد، مقداری کوآی آزاد تولید می‌شود که برای عملکرد چرخه کربس، ضروری است. یافته‌های تحقیق حاضر در مورد مقدار اسید لاکتیک فعالیت با نتایج تحقیقات ایزدی (۱۳۸۸) و همچنین ایزدی (۱۳۸۹)، تراپ و همکاران (۱۹۹۴)، بارانت و همکاران (۱۹۹۴)، استوسی و همکاران (۲۰۰۵) و اروگلو و همکاران (۲۰۰۸) همسو و با نتایج تحقیقات شعاع کاظمی (۸۴)، نورشاهی (۸۸) و کاراهان و همکاران (۲۰۰۸) مغایر است. علت تناقض با نتایج تحقیقات نورشاهی (۸۸) و شعاع کاظمی (۸۴) شاید به دلیل این باشد که آنها از آزمودنی‌هایی با آمادگی بدنی بالا و ورزشکار استفاده کرده‌اند و نیز مکمل‌دهی آنها یک جلسه‌ای بوده است. علت تناقض با نتایج کاراهان (۲۰۰۸) شاید به دلیل ورزشکار بودن آزمودنی‌ها و نیز مدت مصرف مکمل باشد. آزمودنی‌های این تحقیق افراد غیرورزشکار بودند. از آنجا که تمرین موجب کاهش کارنیتین و به دنبال آن، سازوکارهای 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 بررسی به مقدار مورد نیاز برای اعمال اثر نرسیده باشد. به هر حال یافته‌ها نشان داد که مکمل ال کارنیتین و مکمل به همراه تمرین ورزشی بر مقدار اسید لاکتیک استراحتی تأثیر معناداری دارند و مقدار آن را کاهش می‌دهند، اما بر اسید لاکتیک فعالیت تأثیر معناداری ندارند، اما در مورد مقدار اسید لاکتیک استراحتی تاکنون تحقیقی انجام نگرفته است.

در این تحقیق همچنین تأثیر مصرف مکمل ال کارنیتین همراه با تمرینات ورزشی بر توان هوازی مردان جوان بررسی شد. نتایج نشان داد که مصرف مکمل ال کارنیتین و مکمل به همراه تمرین ورزشی بر مقدار حداکثر اکسیژن مصرفی تأثیر معناداری دارند و موجب بهبود حداکثر اکسیژن مصرفی می‌شوند. افزایش  $VO_{2max}$  مهم‌ترین شاخص ارزیابی توان هوازی بیشینه ورزشی فرد است و از نشانه‌های ارتقای آمادگی قلبی-عروقی افراد ورزشکار و غیرورزشکار یا بیمار به‌شمار می‌رود. سازوکار احتمالی تأثیر ال-کارنیتین در افزایش  $VO_{2max}$  به این صورت است که ال-کارنیتین با افزایش ورود اسیدهای چرب بلندزنجیره به درون میتوکندری، آنها را برای عمل بتاکسیداسیون آماده می‌کند. طی تمرینات با شدت کم تا متوسط، اسیدهای چرب با زنجیره بلند ۸۰ درصد انرژی را تأمین می‌کنند. بهترین نقش برای ال کارنیتین، به‌عنوان کوفاکتور کارنیتین است که اسیل ترانسفراز چرب با زنجیره بلند را از سرتاسر غشای میتوکندری که نسبت به اسیدهای چرب با زنجیره بلند

و استرهای اسیل کوآ نفوذناپذیر است، به درون غشا انتقال می‌دهد که در داخل میتوکندری این ترکیبات از طریق فرایند بتاکسیداسیون به استیل کوآ تبدیل می‌شوند. از آنجا که اکسیداسیون چربی در مقایسه با کربوهیدرات به اکسیژن بیشتری نیاز دارد، باید اکسیژن بیشتری توسط سیستم قلبی-عروقی به عضلات برسد. از طرفی ال-کارنیتین با تحریک کمپلکس PDH و افزایش ورود پیرووات به مسیر بتاکسیداسیون موجب مصرف بیشتر اکسیژن می‌شود. براینکه این دو سازوکار، افزایش تقاضا برای اکسیژن است. برخی مطالعات پژوهشی بیان می‌کنند که مکمل‌سازی کارنیتین با افزایش انتقال اسید چرب آزاد به میتوکندری، کاهش اکسیداسیون کربوهیدرات و تأخیر در شروع خستگی هنگام فعالیت ورزشی همراه است. به‌طور نظری در دسترس نبودن ال کارنیتین ممکن است عامل محدودکننده‌ای برای اکسیداسیون اسید چرب یا برداشت اسیل کوآ طی تمرین باشد، اگر این فرض درست باشد، افزایش کارنیتین در عضلات باید به افزایش اکسیداسیون درون سلولی اسید چرب و تری‌گلیسریدها طی تمرین منجر شود، در نتیجه موجب کاهش تجزیه گلیکوژن عضله و به تأخیر انداختن خستگی و افزایش مدت زمان فعالیت و در نتیجه افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی می‌شود. یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات نورشاهی و همکاران (۱۳۸۸) و کاراهان (۲۰۰۸) موافق است و با نتایج تحقیقات ایزدی (۸۸)، همچنین ایزدی (۸۹)، سندرا و همکاران (۲۰۰۱) و اروگلو و همکاران (۲۰۰۸) مغایرت دارد. علت تناقض با نتایج تحقیقات ایزدی و همکاران (۸۸) شاید مدت زمان استفاده از مکمل و مقدار مصرف باشد. علت تناقض با نتایج تحقیق سندرا و همکاران (۲۰۰۱) و اروگلو و همکاران (۲۰۰۸) احتمالاً استفاده حاد (آنی) آنها از ال کارنیتین است. بنابراین برای بهبود عملکرد ورزشی و افزایش توان هوازی با مشورت متخصص تغذیه ورزشی می‌توان از مکمل ال کارنیتین به همراه تمرینات ورزشی استفاده کرد.

## منابع و مأخذ

۱. ایزدی، مجتبی، اقدامی، انوش، خورشیدی، داود و همکاران. (۱۳۸۷). "اثر مکمل سازی طولانی مدت ال کارنیتین بر گلوکز و لاکتات پلاسما هنگام فعالیت ورزشی". مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان ص: ۱۶-۲۲.

۲. ایزدی، مجتبی، ناظم، فرزاد، ظریفیان، اصغر و همکاران. (۱۳۸۹). "تأثیر مصرف ال کارنیتین ال تارتارات بر متابولیسم چربی هنگام فعالیت هوازی". مجله دانشگاه علوم پزشکی کرمان، دوره هفدهم شماره ۲ ص: ۱۲۰-۱۱۳.
۳. شعاع کاظمی، مهرداد، کیمیاگر، مسعود، راست منش، رضا و همکاران. (۱۳۸۷). "اثر مکمل دهی حاد بال کارنیتین بر مسافت طی شده روی نوار متحرک تا رسیدن به آستانه بی هوازی". مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان، پاییز ۸۴ ص: ۴۳ - ۵۲.
۴. دهخدا، محمدرضا، شعبانی مقدم، کیوان. (۱۳۸۷). "مکمل ها و داروهای نیروزا در ورزش". انتشارات بامداد کتاب.
۵. کریم‌نیا صاحب، وفا. (۱۳۹۰). "بررسی تأثیر مکمل دهی ال کارنیتین بر متابولیسم چربی و کربوهیدرات بعد از یک جلسه فعالیت مقاومتی". پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید بهشتی.
۶. نورشاهی، مریم، کاویانی، مجتبی، کیمیاگر، مسعود و همکاران. (۱۳۸۸). "تأثیر مکمل یاری حاد ال کارنیتین بر آستانه هوازی و تجمع لاکتات طی یک فعالیت بیشینه". مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی، سال چهارم، شماره ۲، ص: ۴۵-۵۲.
7. Abramowicz WN, Galloway SD. (2005). "**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. Vol.15 ,No.4, pp:386-400.
8. A.Borghesi-Silva, V. Baldissera, L.M.M. Sampaio, V.A. Pires-Dilorenzo, M. Jamami, A. Demonte, J.S. Marchini, D. Costa. (2006). "**L-carnitine as an ergogenic aid for patients with chronic obstructive pulmonary disease submitted to whole-body and respiratory muscle training programs**". Brazilian Journal of Medical and Biological Research. No.39(4), pp:465-474.
9. Brass EP. (2004). "**Carnitine and sports medicine: use or abuse**"? Annals of the New York Academy of Sciences Volume 1033, pp:67-78.
10. Brass EP. (2000). "**Supplemental carnitine and exercise**". Am J Clin Nutr. No.72(2Suppl), pp:618-623.

11. Broad EM, Maughan RJ, Galloway SD.(2005)."**effects of four weeks L-carnitine L-tartrate ingestion on substrate utilization during prolonged exercise**".Int J Sport Nut Exerc Meteb.No.15, pp:665-679.
12. Demirdag, K.; I.H. Bahcecioglu; I.H. Ozercan; M.ozden; S. Yilmaz and A.Kalkan(2004)."**Role of L-carnitine in the prevention of acute liver damage induced by carbon tetrachloride in rats**". Journal of Gastroenterology and Hepatology Foundation.,Vol.19,No3, pp:333-338.
13. Duranay,M.; H. Akay; F.M. Yilmaz; M.senes; N. Tekeli; D Yucel (2006)."**effects of L-carnitine infusions on inflammatory and nutritional markers in haemodialysis patients**". Nephrology Dialysis Transplantation.,Vol.21 ,No.11, pp:3211-3214.
14. Durkot MJ,De Garavilla L,Caretti D,Francesconi R.(1995)."**The effects of dichloroacetate on lactate accumulation and endurance in an exercising rat model**".Int J Sports Med.,Vol.16,No.3, pp:167-171.
15. L.B .Gladden.(2004)."**Lactate metabolism-a new paradigm for the third millennium**". Journal of Physiology.,Vol.558.No 1, pp:5-30.
16. Oll J.Heinonen.(1996)." **Carnitine and physical exercise**". A review article. Sports Med.,Vol.22,No.3, pp:109-132.
17. Hultman E, Spriet LL,Soderlund K.(1986)."**Biochemistry of muscle fatigue**". Biomedica Biochemica Acta.,Vol.45,No(1-2), pp:97-106.
18. Muller DM, Seim H,Kiess W,Loster H, Richter T.(2002)." **effect of oral L-carnitine supplementation on in vivo long-chain fatty acid oxidation in healthy adult**".metabolism.,Vol.51,No.11, pp:1389-1391.
19. Kent Sahlin.(1992)."**Metabolic factors in fatigue**".Sports Medicine. Vol.13, No.2, pp:99-107.
- 20.Vukovich MD, Costill DL, Fink WJ.(1994)."**Carnitine supplementation: effect on muscle carnitine and glycogen content during exercise**".Med Sci Sports Exerc.,Vol.26,No.9, pp:1122-1129.
21. Zeyner A,Harmeyer J.(1999)."**Metabolic functions of L-carnitine and its effects as feed additive in horses**". A Review Arch fur Tierernaehrang. Vol.52,No.2, pp:115-138.