بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی

# پایان نامه کارشناسی ارشد

**تاثیر مصرف کوتاه مدت مکمل ال-کارنیتین بر غلظت لاکتات،گلوکز خون و عملکرد هوازی و بی هوازی مردان تمرین کرده**

از:

محمد مهرتاش

استاد راهنما:

دکتر حمید اراضی

دی ماه ۱۳۹۱

**دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی**
**گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی**
**گرایش فیزیولوژی ورزشی**

عنوان

# تاثیر مصرف کوتاه مدت مکمل ال-کارنیتین بر غلظت لاکتات،گلوکز خون و عملکرد هوازی و بی هوازی مردان تمرین کرده

از:
**محمد مهرتاش**

استاد راهنما:
**دکتر حمید اراضی**

استادان مشاور:
**دکتر فرهاد رحمانی نیا**
**کریم آزالی**

**دی ماه ۱۳۹۱**

تقدیم به رود که پشت هیچ ابری پنهان نشد

نه طلایه خورشید و نه افسون نقره‌ای ماه مردابش نکرد

جاری.....

زلال.....

آرام.....

تابه دریا رسید.

و تقدیم به پدر و مادر مهربانم

که هیچ سایه و هیچ امیدی بزرگ‌تر از آنها روی زمین ندارم.

**چه بخوانم تورا.....**

**که ترانه ابدیت تورا از اعماق وجودم می‌سراید**

**و شراره مهرت بر زنگارها شعله می‌کشد و قلبم را اطمینان می‌بخشد**

**و من همچنان در لابه لای بوته یاس همسایه عطر تورا می‌جویم**

**تورا نام نمی‌نهم لیک دوست می‌دارم، شکرت باد ای معبود بی‌همتای من.**

استاد راهنما **جناب آقای دکتر حمید اراضی** چه گویم که در حمد و ثنای استاد عزیز و بزرگوارم زبانم الکن است. بی شک بی فروغ این چراغ فروزان گامی بر این وادی ننهاده‌ام و چنان که چنین می‌شد لاجرم حق مطلب بیش از پیش ضایع می‌گردید. چرا که حضرت حافظ می‌فرماید:

طی این مرحله بی همرهی خضر مکن ***** ظلمات است بترس از خطر گمراهی

از **جناب آقای پروفسور فرهاد رحمانی‌نیا** به عنوان مشاور اول اینجانب و برای تمامی جلسات ماهیانه‌ای که برای بهتر انجام شدن این پژوهش برای اینجانب برگزار کردند و همچنین، از **جناب آقای کریم آزالی** به عنوان مشاور دوم برای تمامی راهنمایی‌های ارزنده شان، سپاس گزارم.

اساتید گرامی **جناب آقای پروفسور حمید محبی، جناب آقای دکتر ارسلان دمیرچی** و **جناب آقای دکتر بهمن میرزایی** دستان گرم و پر مهرتان را صمیمانه می‌فشارم کلام امروز من حاصل نصایح و وصایای فصیح و بلیغ دیروز حضرتتان در دوره تحصیل بوده است، امید که با این غزل حق مطلب را ادا نموده باشم:

در پس آیینه طوطی صفتم داشته‌اند ***** آنچه استاد ازل گفت بگو می‌گویم

همچنین، از **آقایان حسین زاده، مرادخانی، حاجی پور، مرادی، خسروی، محمدی، مسئولین آزمایشگاه و کلیه آزمودنی‌ها** که بنده را در اجرای این پژوهش یاری رساندند قدردانی و تشکر می‌نمایم.

از تمامی معلمان و اساتید دلسوزم بویژه **جناب آقای حمید اسماعیل زاده** و **جناب آقای دکتر اسماعیل شریفیان** که همیشه مشوق بنده بوده‌اند و مرا از تجربیات خود بی نصیب نگذاشته‌اند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

در پایان از **خانواده عزیزم** به ویژه **خواهرانم** که همیشه مشوق اینجانب بودند قدردانی می‌نمایم.

**تاثیر مصرف کوتاه مدت مکمل ال-کارنیتین بر غلظت لاکتات،گلوکز خون و عملکرد هوازی و بی هوازی مردان تمرین کرده**

محمد مهرتاش

## چکیده

ال-کارنیتین با افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب بلند زنجیر و تثبیت استیل کوآنزیم به شکل استیل کوآنزیم آزاد، احتمالا می‌تواند موجب افزایش فعالیت پیروات دهیدروژناز، کاهش تولید اسید لاکتیک و بهبود عملکرد ورزشکار شود. بر این اساس، هدف از این تحقیق بررسی اثر مکمل یاری حاد ال-کارنیتین بر لاکتات، گلوکز خون، حداکثر اکسیژن مصرفی و توان بی‌هوازی مردان تمرین کرده بود. ۱۶ مرد تمرین کرده (میانگین سنی ۲۱.۴۳ سال) به صورت داوطلبانه از دانشکده تربیت بدنی دانشگاه گیلان، به عنوان آزمودنی در این تحقیق شرکت کردند. آزمودنی‌ها به صورت دوسوکور در دو آزمون مجزا به فاصله ۷ روز شرکت کردند. آزمودنی‌ها ۹۰ دقیقه قبل از انجام فعالیت هوازی و بی‌هوازی ۳ گرم مکمل ال-کارنیتین یا دارو نما (مالتودکسترین) را مصرف کردند. برای فعالیت هوازی از آزمون شاتل ۲۰ متر و برای فعالیت بی‌هوازی از آزمون رست استفاده شد. نمونه های خونی ۵ دقیقه پیش و ۴ دقیقه پس از آزمون جمع آوری شدند. از شرکت کننده‌ها خواسته شد برای نمونه گیری خونی و انجام آزمون‌ها صبح و در حالت ناشتا حضور یابد. برای مشخص کردن تفاوت بین گروه مکمل و دارونما در هر فعالیت از آزمون t استفاده شد. در گروه مکمل(فعالیت هوازی ۲۰/۶۲±۱۴۱/۲۵ و فعالیت بی‌هوازی ۵۵/۴۷±۱۴۵/۳۸) پس از فعالیت میزان لاکتات کمتری نسبت به گروه دارونما (فعالیت هوازی ۲۰/۸۵±۱۵۱/۰۰ و فعالیت بی‌هوازی ۲۸/۵۹±۱۵۲/۵۰) داشتند ($p\leq ۰/۰۵$). همچنین، گروه مکمل (فعالیت هوازی ۱۹/۷۴±۱۳۶/۰۰ و فعالیت بی‌هوازی ۱۳/۶۴±۱۱۵/۵۰) پس از فعالیت از گلوکز خون بیشتری در مقایسه با گروه دارونما (فعالیت هوازی ۱۵/۶۵±۱۲۱/۶۲ و فعالیت بی‌هوازی ۱۲/۶۳±۱۱۰/۱۲) برخوردار بودند ($p\leq ۰/۰۵$). مقادیر حداکثر اکسیژن مصرفی، حداکثر و میانگین توان بی‌هوازی نیز در گروه مکمل (به ترتیب ۳/۲۸±۴۸/۷۴، ۸۳/۴۴±۵۲۰/۷۵ و ۹۶/۱۴±۳۸۲/۵۰ )به طور معنی داری از گروه دارونما (به ترتیب ۴/۰۱±۴۵/۰۷، ۱۰۹/۵۹±۴۸۳/۳۸ و ۸۲/۳۰±۳۶۱/۶۲) بیشتر بود ($p\leq ۰/۰۵$). یافته‌ها نشان می‌دهند که مصرف حاد مکمل ال-کارنیتین می‌تواند موجب بهبود عملکرد هوازی و بی‌هوازی شود.

**کلمات کلیدی**: ال-کارنیتین، لاکتات، گلوکز، فعالیت هوازی، فعالیت بی‌هوازی.

عنوان.....**فهرست مطالب**.....صفحه

فهرست جدول‌ها.....خ

فهرست نمودارها.....خ

فهرست شکل‌ها.....د

فهرست پیوست‌ها.....د

چکیده فارسی.....ذ

چکیده انگلیسی.....ر

## فصل اول: طرح پژوهش

۱-۱ مقدمه.....۲

۱-۲ بیان مسئله.....۴

۱-۳ اهمیت و ضرورت پژوهش.....۸

۱-۴ اهداف پژوهش.....۱۰

۱-۴- ۱ هدف کلی.....۱۰

۱-۴- ۲ اهداف اختصاصی.....۱۰

۱- ۵ فرضیه‌ها.....۱۱

۱-۶ متغیرهای پژوهش.....۱۱

۱-۶-۱ متغیرهای مستقل.....۱۱

۱-۶-۲ متغیرهای وابسته.....۱۱

۱-۷ محدودیت‌های پژوهش.....۱۲

۱-۷-۱ محدودیت‌های قابل کنترل.....۱۲

۱-۷-۲ محدودیت‌های غیر قابل کنترل.....۱۲

۱-۸ پیش فرض‌ها.....۱۲

۱-۹ جامعه آماری..... ۱۳
۱-۱۰ نمونه آماری..... ۱۳
۱-۱۱ روش پژوهش..... ۱۳
۱-۱۲ روش آماری..... ۱۴
۱-۱۳ تعریف اصطلاحات و واژه‌های پژوهش..... ۱۴

## فصل دوم: مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱ مقدمه..... ۱۷
۲-۲ بخش اول (مبانی نظری پژوهش)..... ۱۸
۲-۲-۱ ال-کارنیتین چیست؟..... ۱۸
۲-۲-۱-۱ سنتز و تنظیم ذخایر کارنیتین داخل بدن..... ۱۸
۲-۲-۱-۲ نقش ال-کارنیتین در اکسیداسیون چربی‌ها..... ۱۹
۲-۲-۱-۳ نقش ال-کارنیتین در تثبیت استیل کوا به کوا آزاد..... ۲۰
۲-۲-۱-۴ نقش کارنیتین زمان ورزش..... ۲۱
۲-۲-۱-۴-۱ نقش کارنیتین در تمرینات استقامتی..... ۲۲
۲-۲-۱-۴-۲ نقش کارنیتین در تمرینات شدید ..... ۲۲
۲-۲-۱-۵ خلاصه تاثیرات کارنیتین بر عملکرد ورزشی..... ۲۴
۲-۲-۲ متابولیسم انرژی..... ۲۵
۲-۲-۲-۱ منابع انرژی..... ۲۵
۲-۲-۲-۲ فعالیت هوازی..... ۲۵
۲-۲-۲-۲-۱ اجزای فعالیت هوازی..... ۲۶
۲-۲-۲-۲-۲ فعالیت ورزشی پیشرونده..... ۲۷

۲-۲-۲-۳ حـــداکثر اکســـیژن مصـــرفی..... ۲۷
۲-۲-۳ فعالیت‌های بی‌هوازی..... ۲۸
۲-۲-۳-۱ اجزای فعالیت‌های بی‌هوازی..... ۲۹
۲-۲-۳-۲ فعالیت ورزشی شدید..... ۲۹
۲-۲-۴ گلیکولیز..... ۳۰
۲-۲-۵ تنفس میتوکندریایی..... ۳۱
۲-۲-۶ چرخه اسید تری کربوکسیلیک..... ۳۲
۲-۲-۷ تولید استیل کوآ..... ۳۲
۲-۲-۸ کمپلکس پیروات دهیدروژناز..... ۳۲
۲-۲-۹ لاکتات..... ۳۳
۲-۲-۱۰ غلظت پلاسمایی گلوکز در فعالیت ورزشی..... ۳۵
۲-۲-۱۱ تخلیه گلیکوژن..... ۳۶
۲-۲-۱۲ خستگی..... ۳۶
۲-۳ بخش دوم (پیشینه پژوهش)..... ۳۷
۲-۴ جمع بندی ..... ۴۱

## فصل سوم: روش‌شناسی پژوهش

۳-۱ مقدمه..... ۴۳
۳-۲جامعه آماری..... ۴۳
۳-۳ نمونه آماری..... ۴۳
۳-۳-۱ ملاک انتخاب آزمودنی‌ها..... ۴۳
۳-۴ نوع و طرح پژوهش..... ۴۴

۳-۵اندازه گیری‌های اولیه..... ۴۴
۳-۵-۱ اندازه گیری طول قامت..... ۴۴
۳-۵-۲ اندازه گیری درصد چربی، وزن و شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع) افراد ..... ۴۴
۳-۶ پروتکل مصرف مکمل..... ۴۵
۳-۷روش اجرای پروتکل..... ۴۵
۳-۷-۱ شاتل ۲۰ متر (بیپ تست یا MSFT) ..... ۴۶
۳-۷-۱-۱ وسایل مورد نیاز جهت اجرای آزمون..... ۴۶
۳-۷-۱-۲ نحوه اجرای آزمون شاتل ۲۰ متر..... ۴۶
۳-۷-۱-۳ تجزیه و تحلیل آزمون شاتل ۲۰ متر..... ۴۷
۳-۷-۲ آزمون رست (RAST)..... ۴۸
۳-۷-۲-۱ وسایل مورد نیاز جهت اجرای آزمون..... ۴۸
۳-۷-۲-۲ نحوه اجرای آزمون رست..... ۴۹
۳-۷-۲-۳ محاسبه برون ده توان..... ۴۹
۳-۸اندازه گیری فاکتورهای خونی..... ۵۰
۳-۹ تجزیه و تحلیل آماری..... ۵۱

## فصل چهارم: یافته‌ها و نتایج پژوهش

۴-۱ مقدمه..... ۵۳
۴-۲ ویژگی های جسمانی آزمودنی‌ها..... ۵۳
۴-۳بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌های مورد اندازه‌گیری..... ۵۴
۴-۴ آزمون فرضیه اول..... ۵۵
۴-۵ آزمون فرضیه دوم ..... ۵۶

۴-۶ آزمون فرضیه سوم.....۵۷
۴-۷ آزمون فرضیه چهارم.....۵۸
۴-۸ آزمون فرضیه پنجم.....۵۹
۴-۹ آزمون فرضیه ششم.....۶۰
۴-۱۰ آزمون فرضیه هفتم.....۶۱

## فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری و منابع

۵ - ۱ مقدمه.....۶۳
۵ – ۲ تغییرات حاد متابولیکی.....۶۳
۵ – ۲ – ۱ تغییرات لاکتات خون.....۶۳
۵ – ۲ – ۲ تغییرات غلظت گلوکز پلاسما.....۶۶
۵-۳ تغییر در $VO_{2MAX}$.....۶۸
۵- ۴ میانگین توان و اوج توان بی‌هوازی.....۷۰
۵-۵ نتیجه گیری.....۷۱
۵-۶ پیشنهادهای کاربردی.....۷۲
۵-۷ پیشنهادهای پژوهشی.....۷۲
منابع.....۷۴

## فهرست جدول‌ها

جدول ۳-۱ تعداد رفت و برگشت‌های هر سطح در آزمون شاتل ۲۰ متر.....۴۸

جدول ۴-۱. ویژگی‌های جسمانی آزمودنی‌ها.....۵۳

جدول ۴-۲. بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌های مورد اندازه‌گیری.....۵۴

جدول ۴- ۳ غلظت لاکتات پلاسما (میلی‌گرم بر دسی لیتر) پیش و پس از فعالیت هوازی بیشینه و در گروه مکمل و دارونما.....۵۵

جدول ۴- ۴ غلظت گلوکز پلاسما (میلی‌گرم بر دسی لیتر) در پیش آزمون و پس آزمون و تفاوت بین گروه مکمل و دارونما در فعالیت هوازی.....۵۶

جدول ۴- ۵ غلظت لاکتات پلاسما (میلی‌گرم بر دسی لیتر) پیش و پس از فعالیت بی‌هوازی و در گروه مکمل و دارونما.....۵۷

جدول ۴- ۶ غلظت گلوکز پلاسما (میلی‌گرم بر دسی لیتر) در پیش آزمون و پس آزمون و تفاوت بین گروه مکمل و دارونما در فعالیت بی‌هوازی.....۵۸

جدول ۴- ۷ حداکثر اکسیژن مصرفی گروه مکمل و دارونما.....۵۹

جدول ۴- ۸ حداکثر توان در گروه مکمل و دارونما.....۶۰

جدول ۴- ۹ توان میانگین گروه مکمل و دارونما.....۶۱

## فهرست نمودارها

نمودار ۴-۱ غلظت لاکتات پلاسما پیش و پس از فعالیت هوازی بیشینه در دو گروه مکمل و دارونما.....۵۵

نمودار ۴-۲ غلظت گلوکز پلاسما پیش و پس از فعالیت هوازی بیشینه در دو گروه مکمل و دارونما.....۵۶

نمودار ۴-۳ غلظت لاکتات پلاسما پیش و پس از فعالیت بی‌هوازی در دو گروه مکمل و دارونما. .....۵۷

نمودار ۴-۴ غلظت گلوکز پلاسما پیش و پس از فعالیت بی‌هوازی بیشینه در دو گروه مکمل و دارونما.....۵۸

نمودار ۴-۵ حداکثر اکسیژن مصرفی دو گروه مکمل و دارو نما.....۵۹

نمودار ۴-۶ حداکثر توان در دو گروه مکمل و دارونما.....۶۰

نمودار ۴-۷ میانگین توان در دو گروه مکمل و دارونما.....۶۱

## فهرست شکل‌ها

شکل ۳-۱ ظرف محتوای ال-کارنیتین..... ۴۵
شکل ۳- ۲ آزمون شاتل ۲۰ متر..... ۴۷
شکل ۳-۳ آزمون رست..... ۴۹
شکل ۳-۴ نحوه خونگیری..... ۴۹

## فهرست پیوست‌ها

پیوست ۱. رضایت نامه شرکت در پژوهش..... ۸۲
پیوست ۲. راهنمای شرکت در آزمون..... ۸۳
پیوست ۳. پرسشنامه سوابق پزشکی- ورزشی..... ۸۴
پیوست ۴. برگه یادداشت کل مواد غذایی روزانه در زمان صبحانه، ناهار، شام و میان وعده‌ها..... ۸۸
پیوست ۵. جدول رفت و برگشت‌های آزمون شاتل ۲۰ متر..... ۹۰

# فصل اول

# طرح پژوهش

## ۱-۱ مقدمه

در بیانی ساده، فعالیت ورزشی، وضعیتی است که مستلزم تکرار یا تداوم انقباض عضله اسکلتی است. تداوم انقباض عضلانی نیز مستلزم آن است که عضلات به منبعی از انرژی مجهز شوند تا بتوانند سوخت انقباض‌های عضلانی را تامین کنند. هنگام ورزش کردن بدن انسان با نیاز های فراوانی مواجه می‌شود. این نیازها باید برآورده شوند تا بدن از لحاظ فیزیولوژیکی با شرایط ورزشی سازگار شود. میزان تولید انرژی باید افزایش پیدا کند و تولید فرایندهای جانبی متابولیسم به حداقل رسیده و دفع شوند. حتی در حالت استراحت هم در محیط داخلی بدن تغییرات مداوم و یکنواختی رخ می‌دهد. اما در حین ورزش کردن این تغیرات هماهنگ و منظم بایستی به‌طور مکرر و سریع‌تر رخ دهند [۲].

هنگام استراحت، انرژی مورد نیاز بدن تقریبا به‌طور برابری از تجزیه کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها تامین می‌شود. هنگام فعالیت‌های شدید و کوتاه مدت، برای تولید ATP ، کربوهیدرات‌ها بیشتر مصرف می‌شوند و بدن کمتر به چربی‌ها برای تولید انرژی متکی می‌شود. در فعالیت‌های ورزشی طولانی و کم شدت‌تر کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها برای تداوم تامین انرژی بیشتر به مصرف می‌رسند [۸]. تا زمانی که این منابع در اختیار سلول‌ها باشند آنها می‌توانند به فعالیت خود ادامه دهند، اما در فعالیت‌های ورزشی لحظه‌ای وجود دارد که عملکرد ورزشکار کاهش می‌یابد و ورزشکار دیگر نمی‌تواند کیفیت عملکرد خود را در سطح بالایی حفظ کند و در این لحظه خستگی رخ می‌دهد. خستگی ایجاد شده می‌تواند به دلیل عوامل مختلفی از جمله: عصب حرکتی، اتصال عصبی عضلانی، سازوکار انقباضی، دستگاه عصبی مرکزی و ساز و کار انقباضی به وقوع پیوندد. همچنین، در خستگی ایجاد شده به وسیله ساز و کار انقباضی می‌توان تجمع اسید لاکتیک، تخلیه منابع ATP, PC، تخلیه ذخایر گلیکوژنی عضله، فقدان اکسیژن و ... را نام برد. [۸]

ورزشکاران اغلب تمایل دارند هر عاملی که عملکرد را بهبود می‌بخشد تجربه کنند. یکی از این عوامل، مصرف مکمل‌های غذایی است که مورد علاقه مربیان، ورزشکاران و افراد غیر ورزشکاری که قصد شروع فعالیت‌های ورزشی را دارند است. امروزه مکمل‌های غذایی جهت افزایش عملکرد ورزشی (ارگوژنیک[1]) توسط ورزشکاران شناخته شده‌اند[۸۲]. این مکمل‌ها در صورتی مفید واقع می‌شوند که به

1.Ergogenic

درستی مصرف شوند. ارگوژنیک به یک ماده یا عامل فیزیکی، مکانیکی، تغذیه‌ای، روانی یا دارویی گفته می‌شود که یا مستقیما باعث گسترش متغیرهای فیزیولوژیکی توام با عملکرد ورزشی می‌شود، یا موانع ذاتی محدود کننده‌ی ظرفیت فیزیولوژیکی را از سر راه بر می‌دارد [۲]. امروزه سازنده‌های مکمل‌های ورزشی ادعا می‌کنند که این مواد باعث بهبود عملکرد ورزشکاران می‌شوند و همچنین، زمان ریکاوری بعد از فعالیت‌های ورزشی را سرعت می‌بخشند. بیشتر این ادعاها اندیشه‌های نابی بر پایه فرضیه تاثیر مکمل غذایی بر متابولیسم ایجاد کرده است. امروزه در بین اکثر مکمل‌های ورزشی، ال-کارنیتین[1] به صورت ویژه‌ای به عنوان یکی از مواد نیرو افزا شناخت شده‌است. زیرا گفته شده که این ماده از چربی‌ها جهت تولید انرژی استفاده می‌کند [۶۰].

کارنیتین اسید آمینه‌ای است که از ۲ اسید آمینه متیونین[2] و لیزین[3] در کبد و کلیه ساخته می‌شود و می‌تواند به صورت خوراکی به همراه مواد غذایی وارد بدن شود. ال-کارنیتین، شکل فعال و فیزیولوژیکی کارنیتین است [۹۰]. این مکمل امروزه در فروشگاه‌های ورزشی و داروخانه‌ها به فروش می‌رسد و مورد علاقه بسیاری از ورزشکاران است. شایعاتی در مورد مکمل ال-کارنیتین که به تیم فوتبال آمریکا کمک کرد تا در مسابقات جهانی ۱۹۸۲ به موفقیت برسند، محبوبیت این مکمل را به صورت ناگهانی افزایش داد. بارزترین و مهم‌ترین ادعا نسبت به ال-کارنیتین تاثیر آن در متابولیسم چربی‌ها بود. گاهی در تبلیغ از ال-کارنیتین افزایش متابولیسم چربی، کاهش توده چربی و افزایش توده خالص عضله بیان شده است. در بیانی دیگر از واژه «چربی سوز» برای این ماده استفاده شده است. بنابراین، در شرایطی که کاهش وزن مد نظر باشد ال-کارنیتین را توصیه می‌کنند. ورزشکاران استقامتی نیز جهت افزایش اکسیداسیون چربی و صرفه جویی در مصرف گلیکوژن عضله در طول فعالیت‌های ورزشی خود از کارنیتین استفاده می‌کنند [۶۰].

هنگامی که چربی‌ها، منبع مطلق تامین انرژی بدن باشند، فرد می‌تواند ۷۰ ساعت فعالیت خود را بدون وقفه ادامه دهد. سال‌های زیادی است که متخصصان در تلاش هستند تا راه حلی ارائه دهند تا چربی‌ها را به عنوان سوخت اصلی و غالب در بدن مورد استفاده قرار دهند تا سیستم تولید انرژی هوازی فعال شده، ذخایر گلیکوژن حفظ گردد و در نتیجه، تولید اسید لاکتیک به عنوان یکی از عوامل خستگی به حداقل برسد [۶۰].

1.L-carnetine
2.Metyonine
3.Lysine

## ۱-۲ بیان مسئله

تولید انرژی در بدن انسان بسته به نوع فعالیت انجام شده از دو مسیر هوازی و بی هوازی صورت می‌گیرد. در فعالیت‌های هوازی که به مدت زیاد و با شدت پایین صورت می‌گیرند، بدن جهت سوخت و ساز مواد از اکسیژن استفاده می‌کند و علت خستگی ایجاد شده در این نوع فعالیت‌ها کاهش ذخایر گلیکوژن بیان شده است [۵۷]. ممکن است، میزان متابولیسم و اکسیداسیون کربوهیدرات‌ها هنگام فعالیت ورزشی وابسته به حضور و اکسیداسیون اسیدهای چرب باشد و به عبارتی، اکسیداسیون چربی به ذخیره سازی گلیکوژن منجر شود و روند خستگی را به تاخیر اندازد [۵۴]. بدن جهت استفاده از ذخایر چربی دارای یک سری محدودیت‌ها است. یکی از محدودیت‌های موجود در سوخت و ساز اسیدهای چرب به عنوان سوبسترا، کمبود حامل اسید چرب از سیتوزول به داخل میتوکندری است. کارنیتین به عنوان ماده انتقال دهنده اسیدهای چرب به داخل میتوکندری جهت اکسیداسیون اسیدهای چرب معرفی شده است [۲۶]. ال-کارنیتین ترکیبی است که عمدتا انتقال اسیدهای چرب با زنجیره بلند را به میتوکندری جهت اکسیداسیون در مسیر تولید انرژی، تسهیل می‌کند. افزایش دسترسی به کارنیتین ممکن است استفاده از چربی را به عنوان سوبسترای تولید انرژی افزایش دهد، که این امر در زمان تمرین منجر به ذخیره سازی گلیکوژن عضله شده و زمان رسیدن به خستگی شدید را به تعویق می‌اندازد [۷۱]. مکمل گیری کارنیتین می‌تواند فرایند اکسیداسیون چربی را داخل میتوکندری افزایش داده و تولید ATP را جهت انجام کار مکانیکی افزایش دهد[۴۸]. افزایش اکسیداسیون چربی‌ها توسط کارنیتین باعث حفظ ذخایر گلیکوژن می‌شود، در نتیجه می‌تواند وقوع خستگی را به تاخیر اندازد [۶۳]. در این زمینه دکومبارز و همکاران[1] (۱۹۹۳) تاثیر مصرف روزانه ۳ گرم ال-کارنیتین را به مدت ۷ روز در ۹ مرد سالم مورد بررسی قرار دادند. پس از فعالیت زیر بیشینه (رکاب زدن با ۴۳٪ و ۵۷٪ $VO2_{max}$)، تاثیری از مصرف ال-کارنیتین در استفاده از چربی و گلوکز مشاهده نشد [۳۷]. اما گروستیک و همکاران[2] (۱۹۸۹) در یک مطالعه مقطعی مکمل کارنیتین یا دارونما را ۲ گرم در روز به مدت ۲۸ روز در ۱۰ ورزشکار استقامتی مورد بررسی قرار دادند و بعد از دوره مکمل گیری آزمودنی‌ها فعالیت بدنی خود را با ۶۶٪ $VO2_{max}$ برای ۴۵ دقیقه انجام دادند. در طول دوره فعالیت، بعد از مکمل گیری آزمودنی‌ها، بهره تنفسی پایین‌تری را نشان دادند که این امر

1. Decombaz et al.
2. Gorostiaga et al.

می‌تواند به دلیل اکسیداسیون اسیدهای چرب باشد. اما، در دیگر پارامترها؛ غلظت لاکتات، گلوکز، گلیسرول، اسید چرب تغییری دیده نشد [۴۸]. مولر و همکاران[1] (۲۰۰۲) نیز، نشان دادند که، مصرف روزانه ۳ گرم ال-کارنیتین (به مدت ۱۰ روز) موجب افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب بلند زنجیر و کاهش بهره تنفسی در فعالیت هوازی زیر بیشینه می‌شود [۶۷].

از سوی دیگر، در فعالیت‌های بی هوازی که در مدت زمان کوتاهی اجرا می‌شوند و از شدت بالایی برخوردار هستند، عمده سوبسترای استفاده شده کربوهیدرات‌ها هستند و بدن جهت تولید انرژی از مسیر گلیکولیز بی‌هوازی استفاده می‌کند. ماده نهایی تشکیل شده در این مسیر پیروات[2] است. پیروات نهایی تولید شده از مسیر گلیکولیز در صورت فعال شدن آنزیم لاکتات دهیدروژناز[3] تبدیل به لاکتات شده و می‌تواند عملکرد را تحت تأثیر خود قرار دهد [۵۷]. عملکرد ثانویه ال-کارنیتین تاثیر گذاری آن بر نسبت استیل کوا [4]به کوا آزاد [5]است. احتمالا ال-کارنیتین با مقداری از استیل کوا اضافی که در طول تمرینات با شدت بالا (بی هوازی) تجمع پیدا می‌کند، از طریق استیل کارنیتین [6] واکنش نشان داده و باعث پایین آمدن نسبت استیل کوا به کوا آزاد می‌شود. این کاهش نسبت، باعث افزایش فعالیت آنزیم پیروات دهیدروژناز[7] می‌شود. این امر می‌تواند از تجمع لاکتات در فعالیت‌های بیشینه جلوگیری کند. علاوه بر این، ممکن است زمانی که ال-کارنیتین با استیل کوا واکنش نشان می‌دهد مقداری استیل کوا آزاد تولید شود که در چرخه کربس مورد استفاده قرار گیرد [۲۶]. بارنت و همکارانش[8] (۱۹۹۴) نیز مصرف مکمل ال-کارنیتین را به میزان ۴ گرم در روز برای مدت دو هفته روی ۸ آزمودنی مورد بررسی قرار دادند. اما بعد از آزمون بیشینه رکاب زدن به مدت ۴ دقیقه با ۹۰٪ $VO2_{max}$ و سپس، استراحت به مدت ۲۰ دقیقه و بعد از آن اجرای ۵ تکرار رکاب زدن با شدت ۱۱۵٪ $VO2_{max}$ با ۲ دقیقه استراحت بین هر

1.Muller et al.
2.Pyruvate
3.Lactate Dehydrogenase
4.acetyl COA
5.COA
6.Acetyl-carnitine
7.Pyruvate Dehydrogenase
8.Barnett et al.

اجـرا، هـیچ اخـتلاف معنـی داری را در تجمـع لاکتـات مشـاهده نکردنـد [۱۵]. جکـوبس و همکـاران[1] (۲۰۰۹) در تحقیـق خـود تـاثیر کوتـاه مـدت ال-کـارنیتین بـه همـراه گلایسـین پروپیونیـل[2] را بـه میـزان ۴/۵ گـرم ۹۰ دقیقـه قبـل از تسـت وینگیـت در افـراد بزرگسـال تمـرین کـرده بررسـی کردنـد. نتـایج نشـان داد کـه لاکتـات خـون نسـبت بـه گـروه دارو نمـا کـاهش معنـی داری داشـته است و اوج توان بی‌هوازی محاسبه شده نیز افزایش معنی‌داری نشان داده بود [۵۵].

بیـان شـده اسـت کـه مصـرف ۲ گـرم ال-کـارنیتین در فعالیـت‌هـای ورزشـی جهـت ریکـاوری و ۳ گـرم بـرای حـداقل تـاثیرات داروشـناختی کـافی اسـت [۶۱، ۱۰۴]. مصـرف ایـن مـاده در مقـادیر بـالاتر از ۴ گـرم در روز باعـث اخـتلالات دسـتگاه گوارشـی مـی‌شـود [۱۰۳]. همچنـین، در برخـی مطالعـات نیمـه عمـر کـارنیتین در بـدن ۲ تـا ۳ سـاعت بیـان شـده اسـت [۲۴،۴۷]. اگـر غلظـت کـارنیتین پلاسـما از بازجـذب کلیـوی آن بیشـتر (بیشـتر از ۶۰-۹۰ μm) باشـد، کـارنیتین اضـافی بـا پاکسـازی تقریبـی فیلتراسـیون گلـومرولی از طریـق ادرار دفـع مـی‌شـود [۲۳، ۴۱، ۸۰]. بنـابراین، بعـد از مصـرف مقـادیر بـالای کـارنیتین، بیشـتر ایـن مقـدار بـه سـرعت از طریـق ادرار حـذف مـی‌گـردد [۲۳]. همچنـین، تقریبـاً ۵۰٪ کـارنیتین جـذب شـده پـس از مصـرف خـوراکی بـه شـکل اوره و ادرار در ۲۴ سـاعت کـاهش پیـدا مـی‌کنـد کـه مـی‌توانـد موجـب عـدم افـزایش ذخـایر کـارنیتین بـدن شـود [۸۶، ۵۱]. در برخـی مطالعـات مصـرف ۲ تـا ۵ گـرم ال-کـارنیتین در روز بـه مـدت ۱ هفتـه تـا ۳ مـاه قبـل از فعالیـت ورزشـی تـاثیری بـر عملکـرد ورزشـی، $VO2_{max}$ ، RER، لاکتـات و گلـوکز خـون بعـد از ورزش را نشـان نـداده‌انـد [۱۵، ۳۷، ۴۸، ۴۹، ۷۲، ۹۲، ۹۹، ۱۰۵، ۱۰۶، ۱۱۲]. اگرچـه برخـی مطالعـات نیـز بهبـود در برخـی فاکتورهـای مختلـف را نشـان داده‌انـد. در ایـن زمینـه، جکـوبس و همکـاران (۲۰۱۰) تـاثیر طـولانی مـدت ال-کـارنیتین بـه همـراه گلایسـین پروپیونیـل را بـه مـدت ۲۸ روز بـا دوزهـای متفـاوت در تسـت وینگیـت بـر افـراد تمـرین کـرده مـورد ارزیـابی قـرار دادنـد؛ کـه نتـایج ایـن تحقیـق کـاهش معنـی داری در تجمـع لاکتـات خـون را نشـان داد [۵۶]. آرنـاز و همکـاران[3] (۱۹۹۴) ۱۶ دونـده اسـتقامتی را بـه مـدت چهـار هفتـه روزانـه ۲ گـرم ال-کـارنیتین تحت درمان قرار دادند که در نهایت افزایش آنزیم پیروات دهیدروژناز را مشاهده کردند [۱۱].

1.Jacobs et al.
2.Glycine Propionyl
3.Arenas

همچنین، در مطالعاتی که از ۲ گرم ال-کارنیتین استفاده کرده‌اند تاثیرات مثبتی در عملکرد و فاکتورهای مختلف مانند لاکتات، گلوکز و متابولیسم چربی مشاهده نشده است [۴۹، ۷۲، ۹۹، ۱۰۶]. در مقابل نیز مطالعاتی وجود دارند که از مقادیر بالاتر از ۴ گرم استفاده کرده‌اند و اثرات مثبتی را مشاهده کرده‌اند، اما، در پایان گزارشی از وجود یا عدم وجود ناراحتی‌های گوارشی گزارش نکرده‌اند [۵۵، ۵۶].

علایم کلینیکی، کاهش کارنیتین عضله را به همراه تخریب عمیق عملکرد گزارش کرده‌اند و شواهد ارائه شده حاکی از آن است که کارنیتین در اجرای عالی عملکرد زمان ورزش‌های با شدت بالا و متوسط از اهمیت بالایی برخوردار است و توسط سلول‌ها بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد [۴۴، ۸۵، ۱۰۱]. فعالیت طولانی به مدت ۶۰ دقیقه با شدت کم تاثیری بر روی ذخایر کارنیتین نشان نداده است. در حالی که، بعد ۱۰ دقیقه فعالیت با شدت بالا ذخایر کارنیتین عضله (کارنیتین ۴۰٪ و آسیل کارنیتین با زنجیره کوتاه ۶۰٪) کاهش داشته است [۵۳، ۸۷]

اعتقاد بر این است که پایین آمدن ذخایر کارنیتین عضله زمان جریان بالای کمپلکس پیروات دهیدروژناز[1] می‌تواند توانایی CPT1[2] را جهت انتقال آسیل کوآنزیم بلند زنجیر به داخل ماتریکس میتوکندری جهت اکسیداسیون اسیدهای چرب محدود کند [۹۳، ۱۰۱]. در این زمینه، ون لئون و همکاران[3] (۲۰۰۱) کاهش ۳۵٪ در اکسیداسیون اسیدهای چرب زمان فعالیت با شدتی بالاتر از ۷۵٪ $W_{MAX}$ همراه با کاهش ۶۵٪ در محتوای کارنیتین عضله اسکلتی را گزارش کردند [۱۰۱]. روپستروف و همکاران[4] ۲۰۰۵ کاهش ۲.۵ برابری در میزان اکسیداسیون چربی را در طول ورزش با شدت متوسط (۶۵٪ $VO2_{max}$) زمانی که کارنیتین آزاد ۵۰٪ کاهش یافته بود را نشان دادند [۸۵]. اختلال در انقباض عضلات به دلیل خستگی می‌تواند نقش مهمی در تعین عملکرد انسان داشته باشد. در مطالعات حیوانی غلظت بالای کارنیتین موجب به تاخیر انداختن خستگی عضلانی شده و بهبود نیروی انقباض را نشان داده است، اما این مکانیسم در انسان به طور کامل مشخص نشده است [۲۱، ۳۹].

1.PDH complex
2.carnitine palmitoyl transfrase 1
3.van Loon
4.Roepstorff et al.