

بررسی تأثیر مصرف دو هفته مکمل ال-کارنیتین بر سطوح سرمی ظرفیت آنتی اکسیدانی تام و مالون دی آلدئید متعاقب فعالیت هوازی شدید در دختران کاراته کار

سعید ایل بیگی^۱، زهره تراب بیگی^۲، مرضیه ثاقب جو^۳، مژگان جعفری^۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۳

۱- دانشیار بیومکانیک، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند شهر بیرجند، کشور ایران.

✉ نویسنده مسئول:

silbeigi@birjand.ac.ir

۲- کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند شهر بیرجند، کشور ایران.

۳- استاد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند شهر بیرجند، کشور ایران.

چکیده

هدف: هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر مصرف دو هفته مکمل ال-کارنیتین بر سطوح سرمی ظرفیت آنتی اکسیدانی تام و مالون دی آلدئید متعاقب فعالیت هوازی شدید در دختران کاراته کار بود.

روش شناسی: این مطالعه تصادفی یک سوکور کنترل شده با دارونما روی ۲۱ کاراته کای زن انجام شد که به دو گروه دریافت کننده ی روزانه ۲ گرم ال-کارنیتین (۱۴ روز) یا دارونمای نشاسته تقسیم شدند. پیش از مداخله VO_{2max} و شاخص های استرس اکسیداتیو (TAC/MDA) ارزیابی شدند. در روز پانزدهم پس از خون گیری ناشتا، تست استقامتی اجرا و خون گیری در چهار بازه (پیش تست، ۵ دقیقه، ۲ ساعت، ۲۴ ساعت پس تست) انجام شد. تحلیل داده ها با ANOVA اندازه گیری مکرر (SPSS v24، $\alpha=0.05$) صورت گرفت.

یافته ها: مصرف دو هفته ای ال-کارنیتین موجب افزایش معنادار TAC نسبت به گروه پلاسبو در زمان های قبل از فعالیت ($p<0.05$) و ۲۴ ساعت پس از فعالیت ($p<0.05$) شد. همچنین در گروه ال-کارنیتین، سطح TAC در تمامی اندازه گیری های پس از فعالیت نسبت به خط پایه افزایش چشمگیری داشت ($p<0.001$) و سطح MDA ۲۴ ساعت پس از فعالیت به طور معناداری کمتر از گروه پلاسبو بود ($p<0.001$ ، $t=43.36$).

نتیجه گیری: دو هفته مصرف ال-کارنیتین باعث حفظ ظرفیت آنتی اکسیدانی بالاتر و کاهش پراکسیداسیون چربی ها پس از فعالیت هوازی شدید در دختران کاراته کار شد. این مکمل می تواند در مدیریت استرس اکسیداتیو ناشی از تمرین شدید مؤثر باشد.

واژگان کلیدی: استرس اکسیداتیو، ال-کارنیتین، آنتی اکسیدان تام، عملکرد هوازی، مالون دی آلدئید.

ISSN: ۲۹۸۰-۸۹۶۰

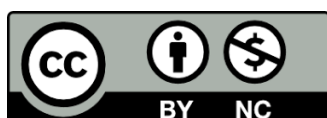
تمامی حقوق این مقاله برای نویسندگان محفوظ است.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه کردستان

شاپای الکترونیکی: ۲۹۸۰-۸۹۶۰

نوع دسترسی: آزاد

DOI: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143618.1090>



Copyright © The authors

ارجاع دهی:

Ilbeigi S, Torab beygi Z, Saghebjo M, Jafari M. Investigating the Effect of Two-Week L-Carnitine Supplementation on Serum Levels of Total Antioxidant Capacity and Malondialdehyde Following Intense Aerobic Exercise in Female Karate Athletes. **Research in Exercise Nutrition**. 2024;3(4):13-23. Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143618.1090>



Investigating the Effect of Two-Week L-Carnitine Supplementation on Serum Levels of Total Antioxidant Capacity and Malondialdehyde Following Intense Aerobic Exercise in Female Karate Athletes

Saeed Ilbeigi¹, Marziyeh Saghebjo², Zohreh Torab Beigi³, Mozhgan Jafari³

Received: 2025/05/03

Accepted: 2025/07/17

Abstract

Aim: The present study aimed to investigate the effect of two-week L-carnitine supplementation on serum total antioxidant capacity (TAC) and malondialdehyde levels following acute aerobic exercise in female karate athletes.

Methodology: This single-blind, randomized, placebo-controlled trial involved 21 female karate practitioners randomly assigned to two groups: one receiving 2 g/day of L-carnitine and the other receiving a starch placebo for 14 days. Pre-intervention assessments included maximal oxygen consumption (VO₂max) and oxidative stress markers (TAC and MDA). On day 15, fasting blood samples were collected, followed by an endurance test, with additional blood sampling at four intervals: pre-test, 5 minutes post-test, 2 hours post-test, and 24 hours post-test. Data analysis was performed using repeated measures ANOVA (SPSS v24, $\alpha=0.05$).

Results: Two-week L-carnitine supplementation significantly increased Total Antioxidant Capacity (TAC) compared to the placebo group both pre-exercise ($*p<0.05$) and 24 hours post-exercise ($*p<0.05$). Within the L-carnitine group, TAC levels demonstrated a significant increase at all post-exercise timepoints relative to baseline ($p<0.001$). Additionally, Malondialdehyde (MDA) levels 24 hours post-exercise were significantly lower in the L-carnitine group versus placebo ($t = 3.36, p<0.001$).

Conclusion: Two weeks of L-carnitine supplementation helped maintain higher antioxidant capacity and reduced lipid peroxidation following intense aerobic exercise in female karate athletes. This supplement appears to be effective in managing oxidative stress induced by strenuous training.

Keywords: Oxidative stress, L-carnitine, Total antioxidant capacity, Aerobic performance, Malondialdehyde

1- Department of Sport Sciences, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand.

✉ Corresponding author:

silbeigi@birjand.ac.ir

ISSN: 2980-8960

All rights of this article are reserved for Authors.

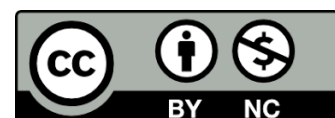
Owner and Publisher: University of Kurdistan

Journal ISSN (online): 2980-8960

Access Type: Open Access

DOI: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143618.1090>

Copyright ©The authors



Citation:

Ilbeigi S, Torab beygi Z, Saghebjo M, Jafari M. Investigating the Effect of Two-Week L-Carnitine Supplementation on Serum Levels of Total Antioxidant Capacity and Malondialdehyde Following Intense Aerobic Exercise in Female Karate Athletes. *Research in Exercise Nutrition*. 2024;3(4):13-23. Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143618.1090>

مقدمه

فعالیت ورزشی شدید، به ویژه فعالیت‌های هوازی طولانی مدت، موجب افزایش قابل ملاحظه مصرف اکسیژن در عضلات اسکلتی می‌شود (۱). این افزایش متابولیسم اکسیژن منجر به تولید بیشتر رادیکال‌های آزاد و ایجاد حالتی به نام استرس اکسیداتیو می‌شود؛ یعنی عدم تعادل به نفع اکسیدان‌ها در مقابل آنتی‌اکسیدان‌ها (۲).

یکی از شاخص‌های مهم استرس اکسیداتیو، مالون‌دی‌آلدئید (MDA) است که محصول تخریب پراکسیداسیون لیپیدهای غشای سلولی به دلیل واکنش با رادیکال‌های آزاد است (۴). افزایش سطح MDA در خون نشان‌دهنده آسیب اکسیداتیو به ساختار سلولی و غشاهاست. بررسی‌ها نشان داده‌اند که فعالیت ورزشی شدید می‌تواند سطح MDA را به طور معنی‌داری افزایش دهد (۵).

در مقابل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (TAC) شاخصی است که وضعیت دفاع آنتی‌اکسیدانی کل بدن را اندازه‌گیری می‌کند. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که فعالیت ورزشی می‌تواند منجر به افزایش موقت TAC به عنوان یک واکنش دفاعی بدن در برابر استرس اکسیداتیو شود، اما این افزایش ممکن است تنها در ساعات اولیه پس از فعالیت دیده شود و در طول زمان کاهش یابد (۶).

در این شرایط، مصرف مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی می‌تواند به عنوان یک استراتژی موثر در کاهش استرس اکسیداتیو و پیشگیری از آسیب‌های ناشی از آن مطرح شود (۷). یکی از این مکمل‌ها، ال-کارنیتین است که یک ترکیب طبیعی از سنتز اسیدهای آمینه ضروری لیزین و متیونین یا از طریق رژیم غذایی به دست می‌آید (۸). علاوه بر نقش اصلی آن در انتقال اسیدهای چرب بلند به میتوکندری برای اکسیداسیون انرژی، مطالعات متعددی خاصیت آنتی‌اکسیدانی ال-کارنیتین را گزارش کرده‌اند (۸-۱۰).

در همین راستا احمد و همکاران (۲۰۲۳) تأثیر مکمل ترکیبی ال-کارنیتین و تمرینات با شدت متوسط بر استرس اکسیداتیو، پاسخ‌های آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی در افراد دارای اضافه وزن و چاق انجام دادند که نتایج نشان داد که مکمل ترکیبی ال-کارنیتین و تمرینات با شدت متوسط به تنهایی و با ترکیب با یکدیگر باعث کاهش مالون‌دی‌آلدئید شد (۱۱). باغبان و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر مکمل ال-کارنیتین بر شاخص‌های التهابی و استرس اکسیداتیو در زنان چاق مبتلا به آرتروز زانو تحت رژیم کم‌کالری را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که مصرف ۱۲ هفته‌ای ۱۰۰۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین روزانه همراه با رژیم کم‌کالری منجر به کاهش معنی‌داری در مالون‌دی‌آلدئید (MDA)

نسبت به گروه دارونما شد (۱۲). سکندری و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر فعالیت ورزشی استقامتی طولانی مدت را بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو بررسی کرده و نشان دادند که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام ورزشکاران، بلافاصله پس از تست افزایش یافته و تا یک ساعت بعد نیز در این سطوح باقی ماند. در این طرح میزان آسیب‌های ایجاد شده توسط استرس اکسیداتیو با ارزیابی پراکسیداسیون چربی، هم در انتهای تست و هم در دوره ریکاوری به طور معنی‌داری بالا بود در مقابل، TAC بلافاصله پس از تست و تا ۴۸ ساعت پس از آن نیز افزایش یافت (۱۳). کشنی و همکاران (۲۰۲۴) تأثیر مکمل‌دهی ال-کارنیتین بر شاخص‌های التهابی، استرس اکسیداتیو و پیامدهای بالینی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بعد از ۷ روز ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل (TAC) بهبود یافت (۱۴).

با این حال، تعداد محدودی از مطالعات به طور مستقیم به بررسی تأثیر مصرف ال-کارنیتین بر سطوح سرمی MDA و TAC متعاقب فعالیت هوازی شدید در ورزشکاران پرداخته‌اند (۱۵). به ویژه، هیچ مطالعه‌ای یافت نشد که به صورت خاص به بررسی این تأثیر در دختران ورزشکار، به ویژه کاراته‌کاران، پرداخته باشد.

بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر مصرف دو هفته مکمل ال-کارنیتین بر سطوح سرمی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام و مالون‌دی‌آلدئید متعاقب فعالیت هوازی شدید در دختران کاراته‌کار طراحی و اجرا شده است.

روش‌شناسی

روش تحقیق از نوع نیمه‌تجربی با طرح اندازه‌گیری مکرر با گروه کنترل بود. این تحقیق به صورت انتخاب تصادفی و یک سویه‌کور با دو گروه دارونما و مکمل انجام شد. جامعه آماری این مطالعه دختران کاراته‌کار شهر مشهد بودند که طی اطلاعیه‌ای از آنها جهت شرکت در طرح حاضر، دعوت به عمل آمد و از داوطلبین خواسته شد تا در تاریخ معینی در آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی، حضور داشته باشند و از بین آنها افرادی که دارای معیارهای ورود به تحقیق بودند، انتخاب شدند. در این مطالعه، معیارهای ورود شامل دختران سالم ۱۸ تا ۳۰ ساله با سابقه حداقل دو سال فعالیت منظم در رشته کاراته بودند که دارای شاخص توده بدنی (BMI) در محدوده نرمال (۱۸.۵ تا ۲۴.۹) و حداکثر اکسیژن مصرفی افراد بالای ۴۰ ml/kg/min بودند. شرکت‌کنندگان باید بدون سابقه بیماری‌های قلبی-عروقی، دیابت، بیماری‌های کبدی یا کلیوی و هیچ‌گونه حساسیت شناخته‌شده به مکمل‌های غذایی باشند. همچنین، عدم مصرف مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی یا ورزشی

پس از گذشت دو ساعت خون گیری بار چهارم و خون گیری آخر پس از گذشت ۲۴ ساعت (در حالت ناشتا) از اجرای پروتکل اصلی در محل آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی، از آزمودنی ها به عمل آمد. نمونه های خونی در حالت نیمه خوابیده گرفته شدند و بلافاصله پس از گرفتن، در لوله های حاوی ضد انعقاد (لیتیوم هپارین) قرار داده شدند و در دمای ۴ درجه سانتی گراد به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند (با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه). سرم و پلاسما جدا شده و در دمای ۷۰- درجه سانتی گراد منجمد شدند. برای اندازه گیری مالون دی آلدئید (MDA) به عنوان شاخص استرس اکسیداتیو از روش تیوباربیتریک اسید (TBARS) استفاده شد. این آزمایش به صورت دستی و با استفاده از طیف سنج جذبی (اسپکتروفتومتری) در طول موج ۵۳۲ نانومتر انجام شد. متغیر مورد اندازه گیری، سرم بود (۱۶). اندازه گیری ظرفیت آنتی اکسیدانی تام سرم به روش اسپکتروفتومتر و با استفاده از کیت Randox Laboratories crumliun uk صورت گرفت (۱۷). تمامی مواد و واکنش دهنده ها مطابق با دستورالعمل سازنده کیت ها مورد استفاده قرار گرفتند.

روش آماری

برای تحلیل داده ها ویژگی های فردی آزمودنی ها با استفاده از روش های آمار توصیفی مورد تحلیل قرار گرفت. سپس برای اطمینان از طبیعی بودن داده ها از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و برای ارزیابی ایجاد شده در متغیرهای وابسته از روش تحلیل واریانس با اندازه گیری تکراری و آزمون تعقیبی بونفرونی در نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ با سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته ها

در جدول ۲ اطلاعات توصیفی مربوط به سن، قد، وزن، شاخص توده بدنی و حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی ها در دو گروه ارائه شده است.

با توجه به اطلاعات جدول ۱ در پنج متغیر آنتروپومتریکی و فیزیولوژیکی، هر دو گروه تقریباً در یک سطح قرار دارند. برای بررسی نرمال بودن داده ها از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شد که نتایج آن در جدول ۲ آمده و نشان داد داده ها توزیع نرمال دارند ($P > 0.05$).

نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که در گروه ال-کارنیتین میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی تام بلافاصله قبل از فعالیت، بلافاصله، ۲ و ۲۴ ساعت بعد از فعالیت نسبت به دو هفته قبل از

در سه ماه گذشته، عدم مصرف داروهای خاص مانند ضد التهابی ها، استاتین ها یا سایر داروهای موثر بر متابولیسم عضلانی در یک ماه قبل از آزمایش، و عدم سابقه مصرف ال-کارنیتین از دیگر معیارهای ورود به تحقیق به شمار می رفت. شرکت کنندگان باید تمایل و تعهد لازم برای شرکت در تمامی مراحل تحقیق از جمله تست های خونی و اجرای تست دوییدن استقامتی را داشته باشند. در همین راستا، عدم تمایل فرد به ادامه شرکت در تحقیق؛ بروز عوارض جانبی قابل توجه پس از مصرف مکمل؛ و مصرف نکردن بیش از ۲۰٪ دوزهای تعیین شده مکمل، به عنوان معیارهای خروج از پژوهش در نظر گرفته شد. ابتدا فرم رضایت نامه کتبی و سپس PAR-Q را با در نظر گرفتن معیارهای ورود به طرح تکمیل نمودند. از افراد واجد شرایط (با توجه به پرسش نامه تکمیلی توسط آن ها) تست بالک، جهت برآورد میزان حداکثر اکسیژن مصرفی به عمل آمد. کسانی که حداکثر اکسیژن مصرفی بالای ml/kg/min 40 داشته و حائز شرایط ورود به طرح بودند، جدا شده و از بین آنها ۲۱ نفر به طور تصادفی به عنوان نمونه انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه مکمل $n=10$ و دارونما $n=11$ قرار گرفتند.

پس از پرکردن فرم رضایت نامه و اطلاع از هدف و روند انجام پژوهش، ابتدا آزمودنی ها قبل از شروع مکمل دهی و اجرای فعالیت هوازی با هماهنگی قبلی برای اولین خون گیری در آزمایشگاه حاضر و هفت سی سی نمونه خونی از ورید جلوی آرنج گرفته شد. در این مطالعه، آزمودنی ها به مدت ۱۴ روز روزانه دو بار و هر بار یک گرم ال-کارنیتین در گروه مکمل و دو بار و هر بار یک گرم نشاسته در گروه دارونما به صورت کپسول خوراکی مصرف کردند. به شرکت کنندگان دستور داده شد که اولین دوز را در زمان صبحانه و دومی را چهار ساعت بعد مصرف کنند. این روش مکمل دهی بر اساس پروتکلی بود که قبلاً نشان داده شده بود موجب افزایش بازداری کارنیتین در بدن در طول ۱۴ روز می شود (۱۵). سپس در روز پانزدهم قبل از اجرای تست استقامتی (دویدن مسافت ۱۴ کیلومتر) خون گیری به صورت ناشتا انجام شد، سپس آزمودنی ها صبحانه یکسان مصرف کرده و بعد از دو و نیم ساعت آزمون هوازی اصلی را انجام دادند. در مرحله بعد آزمودنی ها یک مسافت ۷ کیلومتری را با حداکثر ضربان قلب خود دو دور دویدند (۱۴ کیلومتر) (کنترل با ضربان سنج) و بلافاصله پس از اجرای آزمون استقامتی خون گیری بار سوم انجام گرفت.

داشته است ($P < 0.05$). و در سایر مقایسات زوجی تفاوت‌ها معنی‌دار نبود.

با توجه به همین جدول در گروه پلاسبو نیز میزان مالون‌دی‌آلدئید در بلافاصله و ۲۴ ساعت بعد نسبت به دوهفته قبل از فعالیت افزایش معنی‌داری داشته است ($P < 0.05$). همچنین میزان این متغیر در ۲۴ ساعت پس از فعالیت نسبت به بلافاصله قبل از فعالیت نیز افزایش معنی‌داری داشته است و در سایر مقایسات زوجی تفاوت‌ها معنادار نبود. همان طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود آزمون t مستقل با مقایسه میزان مالون دی‌آلدئید گروه ال کارنیتین و گروه پلاسبو نشان داد که بین میزان مالون دی‌آلدئید خون آزمودنی‌های این دو گروه در ۲۴ ساعت پس از فعالیت هوازی شدید تفاوت معنی‌داری وجود دارد و در گروه پلاسبو مقدار آن به طور معنی‌داری بیشتر بود.

فعالیت افزایش معنی‌داری داشته است ($P < 0.05$). و در سایر مقایسات زوجی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین در گروه پلاسبو میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام بلافاصله و ۲ ساعت بعد از فعالیت نسبت به دو هفته قبل از فعالیت کاهش معنی‌داری داشته است. آزمون t مستقل با مقایسه میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام گروه ال کارنیتین و پلاسبو نشان داد که بین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام خون آزمودنی‌های این دو گروه در بلافاصله قبل از فعالیت و ۲۴ ساعت پس از فعالیت تفاوت معنی‌داری وجود دارد و در گروه کارنیتین مقدار آن بیشتر است. با توجه به جدول ۵ نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که در گروه ال-کارنیتین میزان مالون‌دی‌آلدئید در بلافاصله بعد از فعالیت نسبت به ۲ هفته و بلافاصله قبل از فعالیت افزایش معنی‌داری

جدول ۱: اطلاعات توصیفی مربوط به قد، وزن، شاخص توده بدنی و حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها

متغیر	گروه	میانگین	انحراف معیار
سن (سال)	پلاسبو	۲۲	۰/۱۰
	ال کارنیتین	۲۲/۱۰	۱/۲۰
قد (cm)	پلاسبو	۱۸۰/۹۰	۱/۱۹
	ال کارنیتین	۱۸۰/۲۰	۲/۰۰
وزن (kg)	پلاسبو	۷۴/۱۰	۲/۶۴
	ال کارنیتین	۷۲/۵۰	۲/۳۰
شاخص توده (کیلوگرم بر مترمربع)	پلاسبو	۲۳/۶۰	۰/۰۳
	ال کارنیتین	۲۲/۸۰	۰/۳۷
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر - کیلوگرم در دقیقه)	پلاسبو	۴۳/۰۰	۱/۰۸
	ال کارنیتین	۴۳/۹۰	۰/۵۳

جدول ۲: آزمون کلموگروف- اسمیرنوف

زمان اندازه گیری		مالون دی آلدئید		ظرفیت آنتی اکسیدانی تام	
		sig	Z	sig	Z
دو هفته قبل	ال کارنیتین	۰/۷۲	۰/۶۷	۰/۸۷	۰/۴۳
از فعالیت	پلاسبو	۰/۸۷	۰/۴۲	۰/۸۰	۰/۵۳
بلافاصله قبل	ال کارنیتین	۰/۶۳	۰/۸۲	۰/۵۴	۰/۹۲
از فعالیت	پلاسبو	۰/۷۷	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۸۷
بلافاصله بعد	ال کارنیتین	۰/۶۴	۰/۸۰	۰/۳۵	۱/۰۰
از فعالیت	پلاسبو	۰/۵۴	۰/۹۳	۰/۷۴	۰/۶۳
۲ ساعت بعد	ال کارنیتین	۰/۴۷	۰/۹۸	۰/۶۸	۰/۷۳
از فعالیت	پلاسبو	۰/۴۷	۰/۹۷	۰/۹۵	۰/۳۲
۲۴ ساعت	ال کارنیتین	۰/۵۰	۰/۹۶	۰/۳۹	۰/۹۹
بعد از فعالیت	پلاسبو	۰/۷۰	۰/۷۰	۱/۰۱	۰/۲۵

جدول ۳: تفاوت های درون گروهی در غلظت TAC (میکرومول بر لیتر)

زمان های اندازه گیری	تفاوت میانگین	انحراف استاندارد	میزان معنی داری
دو هفته قبل از فعالیت - پلاسبو	-۴۲۰/۹۰	۱۵۳/۴۶	۰/۲۰
بلافاصله قبل از فعالیت - ال کارنیتین	-۱۱۴۰	۲۰۰/۶۱	۰/۰۰۱*
دو هفته قبل از فعالیت - پلاسبو	-۸۱۷/۲۷	۱۱۵/۷۹	۰/۰۰۱*
بلافاصله بعد از فعالیت - ال کارنیتین	-۱۲۲۱	۲۰۰/۰۳	۰/۰۰۱*
دو هفته قبل از فعالیت - ۲ - پلاسبو	-۷۲۴/۵۴	۱۰۰/۵۷	۰/۰۰۱*
ساعت بعد از فعالیت - ال کارنیتین	-۱۱۵۲	۱۷۵/۸۳	۰/۰۰۱*
دو هفته قبل از فعالیت - ۲۴ - پلاسبو	-۱۹۵/۴۵	۲۶۲/۳۴	۱/۰۰
ساعت بعد از فعالیت - ال کارنیتین	-۱۱۴۱	۲۰۰/۹۱	۰/۰۰۱*
بلافاصله قبل از فعالیت - پلاسبو	-۳۹۶/۳۶	۱۴۲/۵۰	۰/۱۹
بلافاصله بعد از فعالیت - ال کارنیتین	-۸۱	۲۱۸/۸۷	۱/۰۰
بلافاصله قبل از فعالیت - ۲ - پلاسبو	-۳۰۳/۶۳	۱۴۳/۳۵	۰/۶۰
ساعت بعد از فعالیت - ال کارنیتین	-۱۲	۱۹۷/۰۲	۱/۰۰
بلافاصله قبل از فعالیت - ۲۴ - پلاسبو	۲۲۵/۴۵	۲۵۲/۳۹	۱/۰۰
ساعت بعد از فعالیت - ال کارنیتین	-۱	۱۹۲/۸۷	۱/۰۰
بلافاصله بعد از فعالیت - ۲ - پلاسبو	۹۲/۷۲	۶۲/۳۷	۱/۰۰
ساعت بعد از فعالیت - ال کارنیتین	۶۹	۱۸۷/۷۱	۱/۰۰
بلافاصله بعد از فعالیت - ۲۴ - پلاسبو	۶۲۱/۸۱	۲۵۸/۵۲	۰/۳۷
ساعت بعد از فعالیت - ال کارنیتین	۸۰	۱۸۱/۱۸	۱/۰۰
۲ ساعت بعد از فعالیت - ۲۴ - پلاسبو	۵۲۹/۰۹	۲۸۶/۰۵	۰/۹۴
ساعت بعد از فعالیت - ال کارنیتین	۱۱	۲۰۹/۳۴	۱/۰۰

جدول ۴: تفاوت های بین گروهی غلظت TAC (میکرومول بر لیتر) در دفعات مختلف اندازه گیری

دفعات اندازه گیری	تفاوت میانگین	درجه آزادی	T	میزان معنی داری
دو هفته قبل از فعالیت - بین گروه پلاسبو و ال کارنیتین	-۱۶۷/۰۹	۱۹	-۱/۰۶	۰/۲۹

بلافاصله قبل از فعالیت	بین گروه پلاسبو و ال کارنیتین	۵۵۲/۰۰	۱۹	۲/۲۵	*۰/۰۳
بلافاصله بعد از فعالیت	بین گروه پلاسبو و ال کارنیتین	۲۳۶/۶۳	۱۹	۰/۹۸	۰/۳۳
۲ ساعت بعد از فعالیت	بین گروه پلاسبو و ال کارنیتین	۲۶۰/۳۶	۱۹	۱/۱۸	۰/۲۵
۲۴ ساعت بعد از فعالیت	بین گروه پلاسبو و ال کارنیتین	۲۷۸/۴۵	۱۹	۲/۴۹	*۰/۰۲

جدول ۵: تفاوت‌های درون گروهی مالون دی آلدئید (میکرومول بر لیتر)

زمان‌های اندازه‌گیری	تفاوت میانگین	اشتباه استاندارد	میزان معنی داری
دو هفته قبل از فعالیت - پلاسبو	-۰/۲۹	۰/۳۳	۱/۰۰
بلافاصله قبل از فعالیت - ال کارنیتین	۰/۰۹۹	۰/۱۷	۱/۰۰
دو هفته قبل از فعالیت - پلاسبو	-۱/۳۶	۰/۳۲	*۰/۰۱
بلافاصله قبل از فعالیت - ال کارنیتین	-۱/۰۶	۰/۲۶	*۰/۰۳
دو هفته قبل از فعالیت - پلاسبو	-۱/۹۷	۰/۶۸	۰/۱۶
بلافاصله قبل از فعالیت - ۲ ال کارنیتین	-۰/۹۰	۰/۳۸	۰/۴۴
دو هفته قبل از فعالیت - ۲۴ پلاسبو	-۱/۷۸	۰/۲۸	*۰/۰۱
ساعت بعد از فعالیت - ال کارنیتین	-۰/۴۷	۰/۳۴	۱/۰۰
بلافاصله قبل از فعالیت - پلاسبو	-۱/۰۶	۰/۳۱	۰/۰۶
بلافاصله بعد از فعالیت - ال کارنیتین	-۱/۱۶	۰/۲۰	*۰/۰۱
بلافاصله قبل از فعالیت - ۲ پلاسبو	-۱/۶۷	۰/۵۴	۰/۱۱
ساعت بعد از فعالیت - ال کارنیتین	-۱/۰۰	۰/۲۹	۰/۰۷
بلافاصله قبل از فعالیت - ۲۴ پلاسبو	-۱/۴۸	۰/۲۹	*۰/۰۱
ساعت بعد از فعالیت - ال کارنیتین	-۰/۵۷	۰/۲۵	۰/۴۵
بلافاصله بعد از فعالیت - ۲ پلاسبو	-۰/۶۰	۰/۶۳	۱/۰۰
ساعت بعد از فعالیت - ال کارنیتین	۰/۱۶	۰/۴۰	۱/۰۰
بلافاصله بعد از فعالیت - ۲۴ پلاسبو	۰/۴۱	۰/۳۱	۱/۰۰

ساعت بعد فعالیت	ال کارنیتین	۰/۵۸	۰/۲۹	۰/۷۴
۲ ساعت بعد از فعالیت - ۲۴	پلاسبو	-۰/۱۹	۰/۵۰	۱/۰۰
ساعت بعد فعالیت	ال کارنیتین	۰/۴۲	۰/۳۵	۱/۰۰

جدول ۶: تفاوت های بین گروهی مالون دی آلدئید (میکرومول برلیتر) در دفعات مختلف اندازه گیری

دفعات اندازه گیری	تفاوت میانگین	درجه آزادی	T	میزان معنی داری
دو هفته قبل از فعالیت	بین گروه پلاسبو و ال کارنیتین	۱۹	۰/۵۷	۰/۵۷
بلافاصله قبل از فعالیت	بین گروه پلاسبو و ال کارنیتین	۱۹	-۱/۳۱	۰/۲۰
بلافاصله بعد از فعالیت	بین گروه پلاسبو و ال کارنیتین	۱۹	-۰/۳۹	۰/۷۰
۲ ساعت بعد از فعالیت	بین گروه پلاسبو و ال کارنیتین	۱۹	-۱/۳۴	۰/۱۹
۲۴ ساعت بعد از فعالیت	بین گروه پلاسبو و ال کارنیتین	۱۹	-۳/۳۶	۰/۰۰۱*

بحث

یافته‌های مربوط به ظرفیت آنتی اکسیدانی کل (TAC)

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مصرف ۲ هفته ال-کارنیتین باعث افزایش معنی دار TAC در زمان‌های بلافاصله قبل از فعالیت و ۲۴ ساعت پس از آن نسبت به گروه دارونما شد. همچنین، در حالی که در گروه دارونما سطح TAC ۲۴ ساعت پس از فعالیت کاهش یافت، در گروه مصرف کننده ال-کارنیتین این شاخص همچنان در سطح بالایی باقی ماند.

این یافته با نتایج مطالعه سکندری و همکاران (۲۰۰۸) (۱۳) و کشنی و همکاران (۲۰۲۴) (۱۴) همخوانی دارد که افزایش TAC را پس از مصرف ال-کارنیتین گزارش کردند. همچنین، احمد و همکاران (۲۰۲۳) (۱۱) نیز نشان دادند که مصرف مکمل ال-کارنیتین به صورت تلفیقی با تمرینات متوسط موجب بهبود وضعیت آنتی اکسیدانی بدن می‌شود. با این حال، برخی مطالعات نتایج

متفاوتی را گزارش کرده‌اند. به عنوان مثال، مطالعاتی که بدون استفاده از مکمل و در شرایطی با فعالیت شدید انجام شده‌اند، کاهش موقت TAC را گزارش کرده‌اند (۱۵). این تفاوت می‌تواند به دلیل نوع فعالیت، مدت زمان مداخله، دوز مصرفی مکمل، یا ویژگی‌های فیزیولوژیکی افراد باشد.

این یافته‌ها نشان می‌دهند که مصرف ال-کارنیتین نه تنها به افزایش پاسخ آنتی اکسیدانی بدن به عنوان یک خط دفاعی در مقابل استرس اکسیداتیو کمک می‌کند، بلکه این حالت را تا ۲۴ ساعت بعد از فعالیت حفظ می‌کند. این موضوع اهمیت مکمل ال-کارنیتین را در دوره ریکاوری پس از فعالیت‌های ورزشی شدید برجسته می‌کند.

یافته‌های مربوط به مالون دی آلدئید (MDA)

در این مطالعه، سطح MDA در هر دو گروه پس از فعالیت افزایش یافت، اما در گروه مصرف کننده ال-کارنیتین، این افزایش

(CAT)، ظرفیت دفاع آنزیمی بدن در مقابل ROS را افزایش می‌دهد (۱۴).

علاوه بر این، ال-کارنیتین با بهینه‌سازی فرآیند اکسیداتیو فسفوریلاسیون و کاهش نشت الکترون از زنجیره انتقال الکترون میتوکندریایی، تولید ROS را در منبع اصلی آن کاهش می‌دهد (۱۹). این مکانیسم‌های عمل باعث بهبود تعادل اکسیدان-آنتی‌اکسیدان در سطح سلولی شده و موجب حفاظت از غشاء سلولی، DNA میتوکندریایی و سایر ماکرومولکول‌های حیاتی در برابر آسیب اکسیداتیو می‌گردند. بنابراین، افزایش TAC و کاهش MDA مشاهده شده در گروه مصرف‌کننده ال-کارنیتین در این مطالعه، انعکاس‌کننده فعال‌سازی این مسیرهای آنتی‌اکسیدانی و محافظتی در پاسخ به فعالیت هوازی شدید است (۹، ۲۰).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که مصرف دو هفته مکمل ال-کارنیتین باعث افزایش سطوح سرمی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام و جلوگیری از افزایش معنی‌دار مالون دی‌آلدئید می‌شود.

تعارض منافع

بنابر بر اظهار نویسندگان در این مقاله هیچگونه تعارض منافی وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از تمام افرادی که با ما در اجرای پژوهش حاضر همکاری نمودند، تشکر می‌کند.

به طور معنی‌داری کمتر بود. همچنین، ۲۴ ساعت پس از فعالیت، سطح MDA در گروه مکمل به سطح اولیه خود بازگشت، در حالی که در گروه دارونما هنوز در حد بالایی قرار داشت. این یافته با مطالعات احمد و همکاران (۲۰۲۳) (۱۱)، باغبان و همکاران (۲۰۲۱) (۱۲) و کشنی و همکاران (۲۰۲۴) (۱۴) همخوانی دارد که کاهش معنی‌دار MDA را پس از مصرف ال-کارنیتین مشاهده کرده‌اند. این موارد حاکی از اثرات آنتی‌اکسیدانی مستحکم ال-کارنیتین در کاهش استرس اکسیداتیو است. اما در برخی مطالعات، تأثیر ال-کارنیتین بر MDA معنی‌دار نبوده است (۱۸). این تناقض ممکن است به دلیل تفاوت در نوع ورزش (استقامتی vs. مقاومتی)، دوز مصرفی، مدت زمان مداخله یا ویژگی‌های جمعیتی افراد باشد.

این نتایج نشان می‌دهد که مصرف ال-کارنیتین می‌تواند از پراکسیداسیون لیپیدی ناشی از فعالیت شدید جلوگیری کند و به کاهش آسیب‌های ناشی از استرس اکسیداتیو کمک کند. از دیدگاه بیوشیمیایی، ال-کارنیتین نه تنها نقش حمل اسیدهای چرب بلند زنجیر را از طریق غشای میتوکندریایی داخلی بر عهده دارد، بلکه از طریق تعدیل فعالیت سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی و تعامل مستقیم با گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)، به کاهش استرس اکسیداتیو کمک می‌کند. مطالعات نشان داده‌اند که ال-کارنیتین قادر است رادیکال‌های آزاد مانند آنیون سوپراکسید (O_2^-) و رادیکال هیدروکسیل ($OH^\bullet$) را خنثی کند و از پراکسیداسیون لیپیدها جلوگیری کند (۱۱). همچنین، این مکمل با القای فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کلیدی مانند سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، گلوکاتایون پراکسیداز (GPx) و کاتالاز

منابع

through sub1A QTL under salinity. *Plant Stress*. 2024;11:100422, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100422> .

4. Mohideen K, Chandrasekar K, Ramsridhar S, Rajkumar C, Ghosh S, Dhungel S. Assessment of oxidative stress by the estimation of lipid peroxidation marker malondialdehyde (MDA) in patients with chronic periodontitis: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Dentistry*. 2023;2023(1):6014706, Doi: <https://doi.org/10.1155/2023/6014706> .

5. Thirupathi A, Wang M, Lin JK, Fekete G, István B, Baker JS, et al. Effect of different exercise modalities on oxidative stress: a systematic review. *BioMed Research*

1. Morillas-Ruiz J, García JV, López F, Vidal-Guevara M, Zafrilla P. Effects of polyphenolic antioxidants on exercise-induced oxidative stress. *Clinical Nutrition*. 2006;25(3):444-53, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2005.11.007> .

2. Masenga SK, Kabwe LS, Chakulya M, Kirabo A. Mechanisms of oxidative stress in metabolic syndrome. *International journal of molecular sciences*. 2023;24(9):7898, Doi: <https://doi.org/10.3390/ijms24097898> .

3. Das A, Pal S, Chakraborty N, Hasanuzzaman M, Adak MK. Regulation of reactive oxygen species metabolism and oxidative stress signaling by abscisic acid pretreatment in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings

- antioxidant capacity during ultramarathon foot race. *European journal of clinical investigation*. 2008;38(3):159-65, Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2362.2007.01917.x> .
14. Keshani M, Alikiaii B, Babaei Z, Askari G, Heidari Z, Sharma M, et al. The effects of L-carnitine supplementation on inflammation, oxidative stress, and clinical outcomes in critically ill patients with sepsis: a randomized, double-blind, controlled trial. *Nutrition Journal*. 2024;23(1):31, doi: <https://doi.org/10.1186/s12937-024-00934-4> .
 15. Cao Y, Qu H-j, Li P, Wang C-b, Wang L-x, Han Z-w. Single dose administration of L-carnitine improves antioxidant activities in healthy subjects. *The Tohoku journal of experimental medicine*. 2011;224(3):209-13, Doi: <https://doi.org/10.1620/tjem.224.209> .
 16. MOHAMMADI AZ, KHADEM AM, JALALI KB, MOSADEGH MJM, MAHDAVI SM. Evaluation of serum malondialdehyde spectrophotometrically and high performance liquid chromatography and its relationship with coronary artery disease. 2009, Doi: <https://www.sid.ir/paper/63853/en> .
 17. Amiri mandoulakani E, azali alamdari k, Fakhrpour r. The effect of eight weeks of HIIT with chlorella supplementation on serum levels of malondialdehyde and total antioxidant capacity in obese and overweight middle-aged women. *Metabolism and Exercise*. 2023;13(1):35-55, doi: <https://doi.org/10.22124/jme.2023.23859.240> .
 18. Ascensão A, Ferreira R, Magalhães J. Exercise-induced cardioprotection—biochemical, morphological and functional evidence in whole tissue and isolated mitochondria. *International journal of cardiology*. 2007;117(1):16-30, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2006.04.076> .
 19. Modanloo M, Shokrzadeh M. Analyzing mitochondrial dysfunction, oxidative stress, and apoptosis: potential role of L-carnitine. *Iranian journal of kidney diseases*. 2019;13(2):74, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30988244/> .
 20. Fathizadeh H, Milajerdi A, Reiner Ž, Amirani E, Asemi Z, Mansournia MA, et al. The effects of L-carnitine supplementation on indicators of inflammation and oxidative stress: *International*. 2021;2021(1):1947928, Doi: <https://doi.org/10.1155/2021/1947928> .
 6. Ye Y, Lin H, Wan M, Qiu P, Xia R, He J, et al. The effects of aerobic exercise on oxidative stress in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in physiology*. 2021;12:701151, Doi: <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.701151> .
 7. Vincent HK, Bourguignon CM, Vincent KR, Weltman AL, Bryant M, Taylor AG. Antioxidant supplementation lowers exercise-induced oxidative stress in young overweight adults. *Obesity*. 2006;14(12):2224-35, Doi: <https://doi.org/10.1038/oby.2006.261> .
 8. Prakash N, Ghosal S, Maity M. A Review on Therapeutic Effects of L-Carnitine: An Update. *Journal of Advanced Zoology*. 2023;44, Doi: 10.17762/jaz.v44is6.2700.
 9. Wang W, Pan D, Liu Q, Chen X, Wang S. L-carnitine in the treatment of psychiatric and neurological manifestations: a systematic review. *Nutrients*. 2024;16(8):1232, Doi: <https://doi.org/10.3390/nu16081232> .
 10. Mateus FG, Moreira S, Martins AD, Oliveira PF, Alves MG, Pereira MdL. L-carnitine and male fertility: is supplementation beneficial? *Journal of Clinical Medicine*. 2023;12(18):5796, Doi: <https://doi.org/10.3390/jcm12185796> .
 11. Ahmad NS, Samsudin N, Ooi FK, Kadir AA, Kassim NK. Effects of Combined L-Carnitine Supplementation and Moderate-Intensity Exercises on Oxidative Stress, Antioxidant, and Anti-Inflammatory Responses in Overweight and Obese Individuals: A Randomized Controlled Trial. *IIUM Medical Journal Malaysia*. 2023;22(2), Doi: <https://doi.org/10.31436/imjm.v22i2.2186> .
 12. Baghban F, Hosseinzadeh M, Mozaffari-Khosravi H, Dehghan A, Fallahzadeh H. The effect of L-Carnitine supplementation on clinical symptoms, C-reactive protein and malondialdehyde in obese women with knee osteoarthritis: a double blind randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2021;22:1-9, Doi: <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04059-1> .
 13. Skenderi K, Tsironi M, Lazaropoulou C, Anastasiou C, Matalas AL, Kanavaki I, et al. Changes in free radical generation and

94, doi: <https://doi.org/10.1007/s40200-020-00627-9> .

a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Journal of Diabetes & Metabolic Disorders. 2020;19:1879-