مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال ششم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۰، صفحات ۳۲-۲۳

تأثیر مکمل‌دهی حاد ال- کارنیتین در مراحل چرخه قاعدگی زنان ورزشکار بر توان هوازی و شاخص‌های متابولیکی پس از فعالیت بیشینه

مریم نورشاهی[۱]، عسل رجاییان[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 بالینی و رژیم درمانی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، 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: ۸۹/۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۸۹/۹/۲۸

چکیده

سابقه و هدف: تحقیقات در زمینه چرخه قاعدگی زنان و تأثیر متقابل آن بر عملکرد ورزشی متناقض است. از طرفی به منظور بهبود عملکرد ورزشکاران مصرف مکمل‌های تغذیه‌ای به سرعت رو به افزایش است. هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر مکمل‌دهی حاد ال‌کارنیتین در دو فاز فولیکولار و لوتئال چرخه قاعدگی زنان فعال روی توان هوازی و پاسخ‌های متابولیکی آن‌ها پس از فعالیت بیشینه بود

مواد و روش‌ها: تحقیق به صورت کارآزمایی بالینی دوسوکور متقاطع انجام شد. از میان دانشجویان فعال و داوطلب، تعداد ۲۶ نفر که دارای دوره ماهیانه منظم بودند، با میانگین سنی ۳/۱± ۲۲/۹ سال، میانگین قد ۴cm±۱۶۳/۳، میانگین وزنی ۶kg ± ۵۶/۶ و BMI=۲۰/۸±۱/۹kg/m^2 به وسیله پرسشنامه انتخاب شدند. آزمودنی‌ها، در طی ۳ تا ۹ روز بعد از خونریزی (فاز فولیکولار) و ۱۸ تا ۲۵ روز بعد از خونریزی (فاز لوتئال) در دو ماه متوالی به آزمایشگاه مراجعه کردند. آزمودنی‌ها مکمل ال‌کارنیتین یا دارونما را به میزان ۴۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن به صورت کپسول‌های ۰/۵ گرمی ۲ ساعت قبل از آزمون بروس مصرف کردند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه با اندازه‌گیری‌های تکراری (repeated measurement) استفاده شد. برای داده‌های غیر نرمال از آزمون فریدمن استفاده شد.

یافته‌ها: حداکثر اکسیژن مصرفی و زمان رسیدن به خستگی با مصرف مکمل ال‌کارنیتین در فاز فولیکولار نسبت به دارونما در فاز لوتئال به ترتیب ۵/۵ و ۶/۹، درصد افزایش معنی‌داری داشت. همچنین، مکمل‌دهی ال‌کارنیتین در هر دو فاز، سبب کاهش معنی‌داری در میزان تجمع لاکتات خون شد (P=۰/۰۰۳ و $F_{۳/۶۶}$=۵/۲). این کاهش در فاز فولیکولار ۲۸/۲٪ بیش از فاز لوتئال بود. در حالی که تهویه ریوی در فاز لوتئال نسبت به فاز فولیکولار ۱۵٪ افزایش معنی‌داری یافت.

نتیجه‌گیری: مکمل‌دهی ال‌کارنیتین در فاز فولیکولار که سطح استروژن در حداقل میزان خود است، توانست از کاهش VO2max و عملکرد بدن جلوگیری کند و با افزایش کارنیتین سرم احتمالا از طریق افزایش بتااکسیداسیون موجب افزایش VO2max و بهبود زمان رسیدن به واماندگی شود.

واژگان کلیدی: ال‌کارنیتین، فازهای چرخه قاعدگی، لاکتات سرم، تهویه تنفس

• مقدمه

با وجود تحقیقات انجام شده در زمینه ورزش بانوان درباره اثرات قاعدگی بر عملکرد ورزشی، هنوز سؤالات و ابهامات زیادی وجود دارد (۳-۱). با توجه به تغییرات ترشح استروژن و پروژسترون در دو فاز مختلف چرخه قاعدگی، تغییرات تجربه شده درعملکرد ورزشکاران در حین مراحل مختلف چرخه، موضوعی است که از نظر برخی متخصصان، بیشتر به ویژگی‌های فردی بستگی دارد. در برخی از زنان، تغییر قابل توجهی در توانایی عملکرد ورزشی آن‌ها در هیچ دوره‌ای از چرخه نشان داده نشده است (۶-۱). برخی دیگر، مشکلات قابل توجهی را در دوره پیش از خونریزی یا اوایل مرحله خونریزی و یا در هر دو تجربه کرده‌اند.

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

برخی محققان به این نتیجه دست یافته‌اند که در سراسر دوره قاعدگی در حداکثر اکسیژن مصرفی (VO2max)، ضربان قلب HR (heart rate)، لاکتات، حجم پلاسما، غلظت هموگلوبین و تهویه تنفسی VE (ventilation exchange) تغییرات معنی‌دار نبوده است (۱۱-۷). اما برخی محققان افزایش معنی‌دار VE و حداکثر VE را در فاز لوتئال، هم در حالت استراحت و هم در طول تمرین نشان داده‌اند(۹). Alethea و همکاران اثر چرخه قاعدگی را بر استقامت تنفسی در طول تمرین بررسی کردند. در این تحقیق ۱۱ زن در فاز فولیکولار (۲±۷روز پس از شروع خونریزی) و فاز لوتئال (۲±۲۱ روز پس از شروع خونریزی) مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که استقامت تنفسی در طول فاز فولیکولار در فعالیت بیشینه نسبت به فاز لوتئال افزایش معنی‌داری یافت. ولی هیچ تفاوت معنی‌داری در استقامت تنفسی، VO2max یا ضربان قلب بیشینه در طول تمرین مشاهده نشد(۱). زمانی که پاسخ‌های لاکتات به تمرین در سراسر چرخه قاعدگی بررسی می‌شود، یافته‌های متناقضی وجود دارد. به طوری‌که بعضی از تحقیقات افزایش غلظت لاکتات خون را در پاسخ به تمرین در طول فاز فولیکولار گزارش کرده‌اند (۱۱). تحقیقات دیگر هیچ تفاوت معنی‌داری در پاسخ لاکتات خون به تمرین در سراسر چرخه قاعدگی نیافته‌اند (۱۲).

امروزه، استفاده از مکمل‌های ورزشی به منظور بهبود عملکرد ورزشکاران به سرعت رو به افزایش است. با پیشرفت‌های علمی اخیر در ورزش، برای بالا بردن سطح عملکرد ورزشکاران از شاخص‌های متفاوتی استفاده می‌شود. تحقیقات نشان داده‌اند که مکمل‌دهی با ال‌کارنیتین (۳-هیدروکسی ۴-N- تری متیل آمونیوبوتانوات)، VO2max را افزایش و تولید لاکتات را هنگام فعالیت‌های بیشینه و فوق بیشینه کاهش می‌دهد (۱۵-۱۳، ۶). در واقع، ال‌کارنیتین در بدن به عنوان حامل چربی عمل می‌کند. به طوری که انتقال چربی را به میتوکندری امکان پذیر می‌سازد (۱۴). در نتیجه، میزان چربی کاهش و تولید انرژی برای فعالیت‌های مداوم افزایش می‌یابد (۷) و در نهایت، خستگی به تعویق می‌افتد.

از طرفی، توان هوازی نیز می‌تواند تحت تأثیر تغییرات هورمون‌های استروژن و پروژسترون قرار بگیرد. به طوری که استروژن نقش تحریک‌کننده در متابولیسم چربی‌ها را دارد و در انتقال اسیدهای چرب به داخل میتوکندری به عنوان کمک کننده، دخیل است (۸، ۵، ۳). در واقع، استروژن مصرف سوبسترای بدن را از طریق کاهش فرایند گلوکونئوژنز کبدی (تشکیل گلوکز از اسید آمینه و چربی) تغییر می‌دهد و به سمت چربی سوزی هدایت می‌کند در نتیجه، ذخایر گلیکوژن کبدی افزایش می‌یابد (۱۳) همچنین، استروژن از دسترسی به کربوهیدرات تا حد امکان جلوگیری می‌کند (۸). ۱۷ بتا استرادیول، فعال‌ترین استروژن از نظر بیولوژیکی است که فراخوان اسیدهای چرب آزاد از بافت چربی را افزایش و برداشت گلوکز از سوی بافت‌های محیطی را کاهش می‌دهد(۱۳).

نظر به اینکه تغییرات هورمون‌های جنسی با توجه به سن و جنس متفاوت است (۱۶) تحقیقات نشان داده‌اند که کارنیتین سرم با هورمون‌های جنسی ارتباط معنی‌داری دارد(۱۷). در این راستا، Seliger و همکاران در مطالعه‌ای طولی روی ۲۹۶ مرد و ۲۵۸ زن سطوح ال‌کارنیتین را بررسی و مشاهده کردند که سطوح ال‌کارنیتین آزاد در مردان نسبت به زنان افزایش معنی‌داری داشته است و به این نتیجه رسیدند که سطوح آزاد ال‌کارنیتین با جنسیت مرتبط است. آن‌ها نیز نشان دادند که استروژن روی کاهش ال‌کارنیتین آزاد زنان مؤثر است و به وجود یک رابطه منفی معنی‌دار بین سطوح کارنیتین با استروژن پی بردند که این رابطه در تستوسترون مردان با کارنیتین دیده نشد (۱۷). در واقع، نوعی همبستگی منفی بین کارنیتین آزاد سرم با استرادیول سرم در زنان وجود دارد که این رابطه با تستوسترون در مردان مشاهده نشده است، هر چند مکانیسم عمل آن هنوز ناشناخته است (۱۷).

حال با توجه به تغییر میزان ترشح هورمون‌های جنسی در دو فاز مختلف چرخه قاعدگی و افت عملکرد در اوایل فاز فولیکولار، در این تحقیق، اثر ال‌کارنیتین به عنوان یک عامل تقویتی و مکمل نیروزا در این دوره بررسی شد. هدف از پژوهش حاضر این بود که عملکرد ورزشی زنان فعال از طریق سنجش حداکثر اکسیژن مصرفی، مدت زمان رسیدن به خستگی، لاکتات سرم و تهویه تنفسی در مراحل مختلف قاعدگی همراه با مصرف ۴۰ میلی‌گرم ال- کارنیتین به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن روی دانشجویان فعال رشته تربیت بدنی دانشگاه شهید بهشتی در سال ۸۸ بررسی شود و به این پرسش‌ها پاسخ داده شود: "آیا مصرف حاد ال‌کارنیتین می‌تواند در چرخه قاعدگی سبب تأخیر در خستگی، افزایش

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

میزان عملکرد و VO2max زنان ورزشکار می‌شود؟" و "در کدام فاز بیشترین تأثیر را خواهد گذاشت؟"

• مواد و روش‌ها

آزمودنی‌ها: از بین دانشجویان رشته تربیت بدنی دانشگاه شهید بهشتی ۲۶ نفر از دختران فعال که در شش ماه قبل به طور منظم فعالیت می‌کردند، از طریق نمونه‌گیری داوطلبانه و بر حسب پرسشنامه پزشکی و غربالگری انتخاب شدند. پرسشنامه‌هایی که فاقد شرایط لازم بودند (متاهل، دارای قاعدگی نامنظم، مشکلات و دردهای دوره قاعدگی، مصرف الکل، استفاده از داروها و قرص‌های ضد بارداری، ابتلا به بیماری‌های خاص) حذف شدند و از بین پرسشنامه‌های باقی‌مانده، آزمودنی‌هایی با دوره ماهیانه طبیعی و منظم (۲۸ تا ۳۲ روز) و میانگین سنی ۲۲/۹ سال و میانگین وزن ۵۵/۶۶ کیلوگرم بودند و حداقل هفته‌ای سه بار و روزانه سه ساعت فعالیت ورزشی داشتند، انتخاب شدند. تنظیم روزهای آزمون هر فرد بر پایه تاریخ قاعدگی او بود. آزمون ورزشی نیز در روزهای ۳ تا ۹ (فاز فولیکولار) و ۱۸تا ۲۵ (فاز لوتئال) از چرخه قاعدگی دختران انجام شد. مشخصات عمومی آزمودنی‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول۱) مشخصات عمومی آزمودنی‌ها

مشخصات عمومی آزمودنی‌ها	انحراف استاندارد± میانگین
سن (سال)	۲۲/۹ ± ۳/۰
قد(سانتی‌متر)	۱۶۳/۳ ± ۴/۰
وزن(کیلوگرم)	۵۶/۷ ± ۶/۰
BMI (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۰/۸ ± ۱/۹

روش اجرا : همه آزمودنی‌ها قبل از انجام تحقیق در یک جلسه توجیهی درباره مواد آزمون و نحوه اجرای تمرینات، تنظیم روزهای آزمون هر فرد بر پایه تاریخ قاعدگی و ساعت انجام آن کاملا توجیه شدند. از آزمودنی‌ها خواسته شد تا ۲۴ ساعت قبل از آزمون، از انجام هر گونه تمرین و فعالیت ورزشی شدید و حداقل ۲ساعت قبل از اجرای آزمون از مصرف مواد غذایی پرهیز کنند. رژیم غذایی آزمودنی ها از یک ماه قبل کنترل شده بود. این نکته مهم قابل ذکر است که آزمودنی‌ها یک گروه ۲۶ نفره بودند که همه اعضای گروه چهار مرحله آزمون را در دو ماه متوالی در فازهای مختلف قاعدگی اجرا کردند(گروه تجربی و گروه کنترل یکی بودند). در واقع به علت جلوگیری از اثر اختلافات فردی، در این پژوهش هر فرد با خودش مقایسه شد. آزمون‌ها در دو ماه متوالی در هر دو فاز به صورت مصرف مکمل یا دارونما (پودر تالک) انجام شد. با اعلام اولین روز قاعدگی، تاریخ دقیق دو مرحله آزمون مشخص و هماهنگی لازم برای حضور آزمودنی‌ها در آزمایشگاه تربیت بدنی انجام شد.

آن‌ها پس از ورود، ۱۵دقیقه استراحت می‌کردند. سپس اندازه‌های آنتروپومتریکی شامل قد و وزن (ترازوی دیجیتالی و قدسنج seca با دقت ۰/۰۱) ، دمای پایه بدن (دماسنج دیجیتالی ri- thermo مدل Riester) و لاکتات خون با دستگاه لاکتومتر (مدل لاکتات اسکات، آلمان)در حالت استراحت از سرانگشت سبابه آن‌ها با لنست اندازه‌گیری و ثبت شد. در فاز اول، آزمودنی‌ها بعد از مصرف مکمل(پس از ۱۲۰ دقیقه) و پس از ۵ دقیقه گرم کردن برای اجرای آزمون بروس (نوار گردان تکنو جیم، ایتالیا) آماده شدند.در ابتدای کار به سینه آزمودنی ها کمربند مخصوص دستگاه متصل شد تا اطلاعات مربوط به تعداد ضربان قلب از طریق امواج مغناطیسی به دستگاه منتقل شود. پس از ۵ دقیقه گرم کردن روی تریدمیل برای اجرای آزمون آماده می‌شدند. در حین اجرای آزمون نیز دستگاه گاز آنالیزور (مدل Quarkb2، ایتالیا) به آزمودنی‌ها متصل بود تا اطلاعات مربوط به گازهای تنفسی گردآوری شود. به دلیل متقاطع بودن طرح تحقیق رکورد آن‌ها در مرحله اول اعلام نشد تا در پی بهبود آن در مرحله دوم نباشند. در فاز دوم، آزمودنی‌ها برای اجرای دوباره آزمون به آزمایشگاه تربیت بدنی دعوت شدند و ۱۵ دقیقه استراحت کردند. آزمودنی‌هایی که درروز اول ال‌کارنیتین دریافت کرده بودند، دارونما مصرف و گروه مقابل به جای دارونما، مکمل ال‌کارنیتین دریافت کردند. به این ترتیب، همه آزمودنی ها مکمل ال- کارنیتین و دارونما را در هر دو فاز مصرف کردند. بقیه مراحل اجرای آزمون مشابه آزمون اولیه بود و داده‌های مورد نیاز مرحله دوم نیز گردآوری شد.

مکمل‌دهی: مکمل و دارونما ۱۲۰ دقیقه قبل از اجرای آزمون مصرف شدند. میزان ۴۰ میلی‌گرم قرص ال‌کارنیتین به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن مصرف شد (۲ گرم یا ۴ کپسول ۰/۵ گرمی). قرص‌های ۲۵۰میلی‌گرمی ال‌کارنیتین کاملاً پودر شده و به نسبت وزن هر فرد، داخل ۴ یا ۵ عدد کپسول ۰/۵ گرمی قرار داده شد. دارونما نیز به همان میزان

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

ال‌کارنیتین در کپسول‌های ۰/۵ گرمی قرار داده شد تا آزمودنی‌ها تفاوت بین ال‌کارنیتین و دارونما را احساس نکند. آزمون دچار سوگیری نشود.

پروتکل آزمون بروس: پروتکل ورزشی آزمون بروس در ابتدای برنامه آزمون بر اساس وزن و سن آزمودنی به نوارگردان داده شد. پس از ۵ دقیقه گرم کردن با شیب صفر درجه و با سرعت ۳ کیلومتر در ساعت، آزمون اصلی شروع شد. همزمان با آن، کورنومتر برای اندازه‌گیری زمان فعالیت تا حد واماندگی به کار افتاد. لازم به ذکر است که آزمون بروس ۷ مرحله دارد و شیب در هر مرحله ۲ درجه افزایش پیدا می‌کرد. سرعت از ۲/۷۴Km/h شروع شده و به صورت فزاینده تا ۹/۶۵ Km/h افزایش می‌یافت تا آزمودنی‌ها به سرحد واماندگی برسد. پس از توقف آزمون، لاکتات خون، ضربان قلب و دمای پایه بدن دوباره اندازه‌گیری می‌شد.

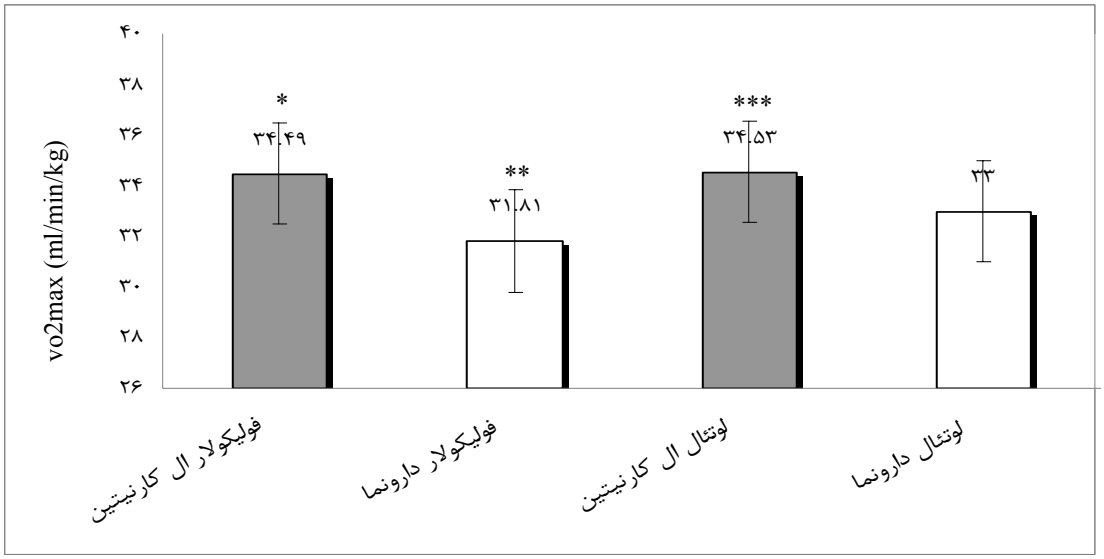
روش آماری و تحلیل داده‌ها:

در پژوهش حاضر از نرم‌افزار $SPSS_{16}$ استفاده شد و برای تعیین نرمال بودن داده‌ها از آزمون لوین استفاده شد. آمار توصیفی (میانگین± انحراف استاندارد) برای بیان مشخصات آزمودنی‌ها به کار رفت. برای داده‌هایی که دارای توزیع نرمال بودند، از روش تحلیل واریانس یک طرفه با اندازه‌گیری‌های مکرر استفاده شد. برای داده‌های غیرنرمال از آزمون ناپارامتریک فریدمن استفاده شد. در صورت معنی‌داری از آزمون تعقیبی بونفرونی و برای داده‌های غیرنرمال از ویلکاکسون برای تعیین محل تفاوت‌ها استفاده شد. سطح معنی‌داری برای قبول یا رد فرضیات $p\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

• یافته‌ها

مکمل‌دهی ال‌کارنیتین در فازهای فولیکولار و لوتئال چرخه قاعدگی تأثیر معنی‌داری بر حداکثر اکسیژن مصرفی زنان ورزشکار پس از فعالیت بیشینه وامانده‌ساز داشت (P= ۰/۰۰ و ۲۹/۰۹۴ = $\chi 2$). آزمون تعقیبی ویلکاکسون نشان داد که VO2max با مکمل‌دهی ال‌کارنیتین نسبت به دارونما در فازهای فولیکولار و لوتئال به ترتیب ۸/۱۴ و ۴/۶۶ درصد افزایش یافت (شکل ۱). همچنین، مکمل‌دهی ال-کارنیتین در فاز فولیکولار نسبت به مصرف دارونما در فاز لوتئال ۵/۴۸ درصد VO2max را افزایش داد.

بررسی اطلاعات مربوط به تهویه تنفسی نشان داد که مکمل‌دهی ال‌کارنیتین در فازهای فولیکولار و لوتئال چرخه قاعدگی تأثیر معنی‌داری بر تهویه تنفسی زنان ورزشکار پس از فعالیت بیشینه وامانده‌ساز داشت (P=۰/۰۰ و F=۱۰/۶۷۲). به طور کلی، میانگین تهویه ریوی در فاز لوتئال نسبت به فاز فولیکولار بیشتر بود و در فاز فولیکولار با مصرف ال‌کارنیتین کاهش یافت، ولی این کاهش معنی دار نبود.



شکل ۱) تغییرات مربوط به VO2max در فازهای مختلف

*تفاوت معنی‌دار در فاز فولیکولار با مصرف ال‌کارنیتین و دارونما

** تفاوت معنی‌دار بین فاز لوتئال ال‌کارنیتین و فولیکولار دارونما

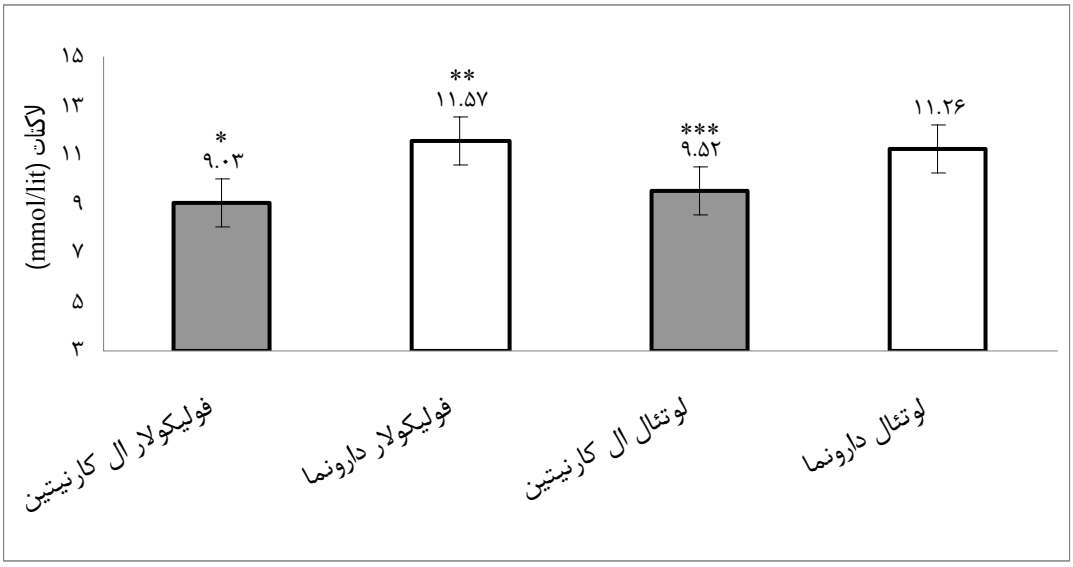
* تفاوت معنی‌دار در فاز لوتئال با مصرف دارونما و ال‌کارنیتین

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

درباره میزان تجمع لاکتات خون (P=۰/۰۰۳ و F=۵/۲۳۵) و زمان رسیدن به واماندگی (P= ۰/۰۰ و $\chi 2$ = ۲۹/۰۹۴) نتایج تحقیق نشان داد که مکمل‌دهی ال‌کارنیتین در فازهای فولیکولار و لوتئال چرخه قاعدگی تأثیر معنی‌داری بر هر دو آن‌ها پس از فعالیت بیشینه وامانده ساز دارد. آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که تجمع لاکتات در هر دو فاز با مصرف ال‌کارنیتین کاهش معنی‌داری یافت و این کاهش در فاز فولیکولار بیشتر بود (۲۸/۱۷٪). در واقع، مکمل‌دهی ال‌کارنیتین در فازهای فولیکولار و لوتئال میزان تجمع لاکتات خون را به ترتیب ۲۸/۱۷ و ۱۸/۲۷ درصد کاهش داد (شکل ۲).

در رابطه با زمان واماندگی، مکمل‌دهی ال‌کارنیتین در هر دو فاز سبب افزایش معنی‌دار نسبت به دارونما شد، ولی این افزایش در فاز فولیکولار بیشتر بود. مصرف ال‌کارنیتین توانست در فاز فولیکولار، زمان رسیدن به واماندگی را نسبت به مصرف دارونما در همان فاز ۶/۹ درصد افزایش دهد (جدول۲).

به طور کلی نتایج، مکمل‌دهی ال‌کارنیتین در همه متغیرها در هر دو فاز قاعدگی تأثیر معنی‌داری داشت و این تأثیر در فاز فولیکولار بیشتر از فاز لوتئال بود؛ یعنی فاز فولیکولار تأثیرپذیری بیشتری از ال‌کارنیتین داشت.



شکل ۲) تغییرات مربوط به لاکتات در فازهای مختلف

* تفاوت معنی‌دار در فاز فولیکولار با مصرف دارونما و ال‌کارنیتین

**تفاوت معنی‌دار بین فازهای فولیکولار ال‌کارنیتین با لوتئال دارونما

*** تفاوت معنی‌دار در فاز لوتئال با مصرف دارونما و ال‌کارنیتین

جدول۲) میزان تغییر متغیرها در فازهای چرخه قاعدگی با مصرف مکمل ال‌کارنیتین یا دارونما

متغیرها	فولیکولار ال‌کارنیتین (M±SD)	فولیکولار دارونما (M±SD)	لوتئال ال‌کارنیتین (M±SD)	لوتئال دارونما (M±SD)	p-value
VO2max (ml/min/kg)	۳۴/۵ ±۳/۷	۳۱/۸±۳/۷	۳۴/۵ ±۳/۶	۳۳/۰۰ ±۳/۶	۰/۰۰
لاکتات (Mmol/lit)	۹/۰ ±۲/۳	۱۱/۶ ±۳/۲	۹/۵ ±۳/۹	۱۱/۳ ±۲/۸	۰/۰۰۳
زمان خستگی (min)	۹/۴ ±۱/۱	۸/۹ ±۱/۳	۹/۷ ±۱/۰	۹/۴ ±۱/۱	۰/۰۰
تهویه تنفسی VE(lit/min)	۸۵/۹ ±۸/۲	۸۸/۶ ±۱۰	۱۰۱/۱ ± ۱۰/۲	۹۴/۱ ±۹/۰۰	۰/۰۰۰

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

• بحث

با توجه به نتایج حاصل از پژوهش حاضر مشاهده می‌شود که مکمل‌دهی ال‌کارنیتین در فازهای فولیکولار و لوتئال چرخه قاعدگی زنان فعال بر حداکثر اکسیژن مصرفی و زمان رسیدن به واماندگی آن‌ها تأثیر معنی‌داری دارد. در فاز فولیکولار، مکمل‌دهی ال‌کارنیتین نسبت به دارونما VO2max را افزایش داد، در حالی‌که در فاز لوتئال تأثیری نداشت. با مقایسه گروه‌ها مشاهده می‌شود که مکمل‌دهی ال‌کارنیتین در فاز فولیکولار با میانگین فاز لوتئال با مصرف دارونما هم‌سطح است. یعنی ال‌کارنیتین توانسته است افت ناشی از خونریزی فاز فولیکولار را جبران کند و عملکرد را تا حد فاز لوتئال با مصرف دارونما افزایش دهد. با مصرف ال‌کارنیتین زمان رسیدن به خستگی در فاز فولیکولار تا حد فاز لوتئال با مصرف دارونما پیشرفت کرده است. یعنی مکمل‌دهی ال‌کارنیتین نه تنها در فاز فولیکولار، زمان را نسبت به مصرف دارونما افزایش داده، بلکه توانسته است در فاز فولیکولار (که افت شدید عملکرد بانوان را به همراه دارد) زمان رسیدن به خستگی را تا حد فاز لوتئال جبران کند که دوره‌ای طبیعی و بدون هیچ مشکلی از نظر عملکردی برای بانوان است. این نکته، یافته اصلی پژوهش حاضر است که اهمیت فراوانی دارد.

هر چند، تحقیق مشابهی که مکمل‌دهی ال‌کارنیتین و فازهای مختلف قاعدگی را بررسی کرده باشد، یافت نشد، اما نتایج مطالعات Stuessi و همکاران، اثر مکمل‌دهی ال-کارنیتین را روی حداکثر اکسیژن مصرفی تأیید کرده است. در حالی که Soop و همکاران و Smith و همکاران تأثیری از مکمل‌دهی ال‌کارنیتین بر VO2max گزارش نکرده‌اند. احتمالاً دوز مصرفی (۱۹، ۱۸)، فاصله مکمل‌دهی تا انجام فعالیت (۲۰) یا تفاوت‌های فردی در میزان آمادگی موجب عدم معنی‌داری در تحقیقات قبلی شده بود. در تحقیق حاضر، بهترین دوز ۲ گرم (۲۳-۲۱) و بهترین فاصله زمانی مکمل‌دهی ۱۲۰ دقیقه (۲۱، ۱۴) در نظر گرفته شده بود. از طرفی بیشتر تحقیقات قبلی گزارش کرده بودند که میزان VO2max در فازهای مختلف قاعدگی یکسان نیست (۲۴، ۸، ۷). تحقیق مشابهی هم در داخل کشور مکمل‌دهی ال-کارنیتین را روی عملکرد زنان در دوره‌های خاص بررسی نکرده است؛ ولی مطالعات *نورشاهی* و همکاران، *شعاع کاظمی* و همکاران و *ایزدی* و همکاران که روی مردان ورزشکار انجام شده بود، نتایج یکسانی در رابطه با افزایش معنی‌دار VO2max پس از مصرف حاد ال-کارنیتین گزارش کرده‌اند (۳۲-۳۰). استروژن و پروژسترون در متابولیسم چربی و انتقال اسیدهای چرب به داخل میتوکندری به عنوان عامل کمکی مؤثرند (۸، ۵) و نقش اصلی ال‌کارنیتین هم افزایش ورود اسیدهای چرب با زنجیره بلند به درون میتوکندری و ذخیره گلیکوژن است (۲۵، ۸) و تحقیقات، رابطه بین استروژن و سطوح کارنیتین آزاد در زنان را تأیید کرده‌اند (۲۷، ۲۶، ۱۷). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که احتمالا کاهش استروژن در ابتدای فاز فولیکولار موجب افزایش کارنیتین سرم می‌شود. همچنین، مکمل‌دهی ال‌کارنیتین در این فاز موجب افزایش هر چه بیشتر کارنیتین بدن خواهد شد. با افزایش کارنیتین احتمالا بتااکسیداسیون افزایش (۲۸) و نیروی انقباضی قلب بهبود می‌یابد (۲۹) که در نهایت، منجر به افزایش VO2max و بهبود زمان رسیدن به واماندگی خواهد شد.

بررسی نتایج مربوط تأثیر مصرف حاد ال‌کارنیتین در فازهای قاعدگی بر میزان تجمع لاکتات خون نتایج نشان داد زمانی که مکمل ال-کارنیتین در فازهای قاعدگی مصرف شد، کاهش معنی‌داری در تجمع لاکتات در مقایسه با دارونما مشاهده شد (شکل ۱). تجمع لاکتات در فازهای فولیکولار و لوتئال با مکمل‌دهی ال‌کارنیتین به ترتیب ۲۸/۱۱ درصد و ۱۸/۲۷ درصد کاهش یافت. اما وقتی مکمل‌دهی ال‌کارنیتین در فاز فولیکولار نسبت به مصرف دارونما درفاز لوتئال مقایسه شد، تجمع لاکتات ۲۴/۶۹ درصد کاهش یافت که این موضوع با افزایش VO2max در فازهای نامبرده ارتباط داشت. شاید بتوان یکی دیگر از دلایل افزایش VO2max در فاز فولیکولار را کاهش لاکتات در همین فاز دانست. مقایسه دقیق نتایج مکمل‌دهی دراز مدت ال‌کارنیتین با نتایج مطالعات مکمل‌دهی حاد، بسیار پیچیده است. از آنجا که بیشتر مطالعات انجام شده از نظر تعداد آزمودنی، نوع مکمل به کار برده شده و شدت فعالیت ورزشی، میزان آمادگی و جنسیت آزمودنی‌ها (۲۰، ۷) با هم تفاوت دارند، شاید علت اصلی در تفاوت نتایج به دست آمده در میزان تجمع لاکتات، تنوع در پروتکل به کار رفته باشد. با این حال، نتایج تحقیق حاضر با کاهش اسید لاکتیک و افزایش عملکرد در مطالعات *نورشاهی* و همکاران و *شعاع*

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

کاظمی و همکاران همسو است. شاید بتوان مصرف حاد ۲ گرم ال‌کارنیتین ۱۲۰ دقیقه قبل از شروع فعالیت ورزشی را در هر سه مطالعه از دلالیل احتمالی نتایج مشابه دانست (۳۲-۳۰). در پاره‌ای از تحقیقات نیز نشان داده شده که استروژن، اکسیداسیون چربی را افزایش می‌دهد و به تجمع بیشتر لاکتات هنگام فعالیت بدنی در فاز فولیکولار منجر می‌شود (۲). از طرفی کاهش هورمون‌های جنسی در ابتدای فاز فولیکولار سبب افزایش کارنیتین آزاد می‌شود (۲۶) و مکمل‌دهی ال‌کارنیتین در این فاز با توجه به میزان افزایش کارنیتین سرم (در مقایسه با فاز لوتئال) احتمالاً سبب کاهش چشمگیر استیل کوآ به کوآی آزاد می‌شود؛ زیرا عملکرد ثانویه ال‌کارنیتین، بر نسبت استیل کوآ به کوآی آزاد تأثیر می‌گذارد (۱۴). در نتیجه، با فعال کردن پیروات دهیدروژناز، مقدار پیروات بیشتری در مقابل با لاکتات به استیل کوآ تبدیل می‌شود. در واقع با تجمع کمتر لاکتات، خستگی به تعویق می‌افتد (۱۴).

در رابطه با تهویه تنفسی نیز مشاهده شد که در فاز فولیکولار زمانی که ال‌کارنیتین مصرف شده بود، در مقایسه با دارونما، تهویه تنفسی کاهش یافته بود. با توجه به این نتایج بدیهی است که کاهش تجمع لاکتات، تهویه تنفسی کمتری را نیز به دنبال خواهد داشت. زیرا فعالیت بدنی شدید، تجمع لاکتات بیشتری را به دنبال خواهد داشت. آنچه باعث خستگی می‌شود، یون هیدروژن (H^+) حاصل از تجزیه اسید لاکتیک است نه تجمع لاکتات. بنابراین هر گونه افزایشی در مقدار یون هیدروژن آزاد خون، مرکز تنفسی را تحریک می‌کند و تهویه ریوی را افزایش می‌دهد. بدیهی است که مکمل ال‌کارنیتین، میزان تجمع لاکتات را کاهش می‌دهد و به دنبال آن، تهویه تنفسی نیز کاهش خواهد یافت. از طرفی، مقایسه میانگین‌ها در دو فاز نشان می‌دهد که تهویه ریوی در فاز لوتئال چه با مکمل و چه با دارونما بیشتر از فاز فولیکولار است (۱۵٪). این موضوع را می‌توان به افزایش میزان پروژسترون در اواسط فاز لوتئال نسبت داد. به طور کلی، پروژسترون گرمازا و مسئول افزایش دمای پایه بدن هنگام تخمک‌گذاری است (۱۴). بنابراین، افزایش تهویه ریوی در اواسط فاز لوتئال به اثر پروژسترون و افزایش دمای بدن (۱۴) مربوط می‌شود. البته، قابل ذکر است با وجودی‌که پروژسترون روی فعالیت اعصاب تنفسی نقش دارد، اما تأثیر فازهای قاعدگی روی عملکرد تنفسی به خوبی مشخص نشده است(۹).

تفاوت‌های ساختاری و فیزیولوژیک زن و مرد باعث تنوع در پاسخ‌های آن‌ها نسبت به فعالیت ورزشی و جسمانی می‌شود. هورمون‌های جنسی، بارزترین عامل تفاوت فیزیولوژیک میان ویژگی‌های زن و مرد به شمار می‌روند. به دنبال مواجهه زنان ورزشکار با هر مرحله از چرخه قاعدگی، تغییرات هورمونی متفاوتی در بدن آن‌ها رخ می‌دهد که می‌تواند با یا بدون واسطه بر ظرفیت اندام‌های مختلف اثرگذار باشد. از طرفی با توجه به حساسیت مسئله قاعدگی در زنان و همچنین تأثیر مکمل‌دهی ال‌کارنیتین و نقش آن به عنوان عاملی که می‌تواند فعالیت‌های متابولیک، ظرفیت انتقال اسیدهای چرب با زنجیر بلند را برای استفاده در میتوکندری بالا برد و تولید انرژی را برای فعالیت‌های مداوم افزایش دهد، لازم است تا نقش ال‌کارنیتین در دوره قاعدگی نیز بررسی شود و در این زمینه تحقیقات بیشتری صورت گیرد.

درنهایت، با توجه به نتایج تحقیق حاضر در مورد اثر مکمل‌دهی ال‌کارنیتین پیشنهاد می‌شود که زنان ورزشکار برای جلوگیری از افت عملکرد جسمانی و خستگی زودرس در اوایل فاز فولیکولار، می‌توانند مکمل ال‌کارنیتین را با دوز مورد استفاده در این پژوهش جهت افزایش کارایی در کنار تمرینات ورزشی خود مصرف کنند. همچنین پیشنهاد می‌شود تا روی بر فاکتورهای خونی و هورمونی نیز تحقیق شود تا اثرات جانبی این مکمل‌ها مشخص شود..

سپاسگزاری

در پایان از همکاری تمامی دوستان و آزمودنی‌های این تحقیق که ما را در اجرای پژوهش یاری دادند، قدردانی می‌شود.

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

References

1.Alethea J, Anderson A, Mark A. Effects of the menstrual cycle on expiratory resistance during whole body exercise in females. J Sports Sci & Med. 2008;(7):475-479.

2. Ashily C, Bishop P, Joe FS, Reneau P, Perkins C. Menstrual phase effects on fat and carbohydrate oxidation during prolonged exercise in active females. Int Electronic J online 2000;3(4):67-73.

3. Horton TJ, Miller EK, Bourret K. No effect of menstrual cycle phase on glycerol or kinetics during 90 min of moderate. J Appl Physiol 2006;100: 917-25.

4. Dean TM, Perreault L, Mazzeo RS, Horton TJ.. No effect of menstrual cycle phase on lactate threshold. J Appl Physiol 2001; 95: 2537-43.

5. Valarie JH, Michael DJ. Free fatty acid metabolism in the follicular and luteal phases of the menstrual cycle. J Clin Endocrinol Metab 1992;(74);44-49

6. Lebrune C.M. Effect menstrual cycle on athletic performance. Med Sci Sports Exerc 1995;27(3):437-44.

7. Marconi C, Sassi G, Carpinelli A, Cerretelli P. Effects of L-carnitine loading Physiol the aerobic and anaerobic performance of endurance athletes. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1985; 54:131-5

8. Jennifer L, Leslie A, Mark S. Hormonal responses to endurance and resistance exercise in females aged 19–69 Years. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2002; 57A(4); B158–165.

9. Janse DE, jonge XA. Effects of the menstrual cycle on exercise performance. sports med 2003;33(11):833-51.

10.Constantin-Teodosiu D, Cederblad G. activity and acetyl group accumulation in skelet muscle during isometric contraction. J APPL Physiol 1993:74:1712-8.

11. Lavoie JM, Dionne N, Helie R. Menstrual cycle phase dissociation of blood glucose homeostasis during exercise. J Appl Physiol 1987; 62 (3): 1084-9.

12. Bonen A, Haynes FJ. Watson-Wright W. Effects of menstrual cycle on metabolic responses to exercise. J Appl Physiol 1983; 55 (5): 1506-13.

13.Dragan IG, Vasiliu A, Georgescu E, Eremia N. Studies concerning chronic & acute effects of L-carnitine in elite athletes. J Physiologie 1989;26:111.

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

15. Vecchiet L, Di Lisa F, Pieralisi G. Influence of L-carnitine administration on maximal physical exercise. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1990; 61:486-90.

16. Richard SD. Physiology of sex and tests of function. In Richard SD (ed). Handbook of endocrinology. Philadelphia: Lea & Febiger; 1980. p 620-3.

17.Gregor S, Eva K, Carolin V, Klause E, Simone P, Friedrich R, et al. L-carnitine level in neonates – a large, retrospective analysis. Arch Perinat Med 2007;13(2):17-20.

18. Shores K, Otto R, Wygard J. Effect of L-carnitine supplementation on maximal oxygen consumption and free fatty asid serum level . med sci sport exercise. 1987;19: 60-65

19. Otto R, Shores K, Wygand J.H. The effect of L-carnitine supplementation on endurance exercise. med sci sports exercise 1987;19:68-9.

20. Soop M, Björkman 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.

21. Stuessi C, Pierre H, christain M, Urs B. L-carnitine and the recovery from exhaustive endurance exercise: a randomized, double-bind, placebo–controlled trial. Eur J Appl physiol.2005;95:431-5.

23. Williams TJ, Krahenbuhl GS. Menstrual cycle phase and running economy. Med Sci Sports Exerc 1997; 29 (12): 1609-18.

24. D'Eon T, Braun B. The roles of estrogen and progesterone in regulating carbohydrate and fat utilization at rest and during exercise. J Womens Health Gend Based Med 2002;11(3):225-37.

25. Friedlander AL, Casazza GA, Horning MA, Buddinger TF, Brooks GA. Effects of exercise intensity and training on lipid metabolism in young women. Am J Physiol 1998; 275 (38): E853–63.

26. Borum PR. Regulation of the carnitine concentration in plasma. In: Frenkel RA, McGarry JD editors. Carnitine Biosynthesis, Metabolism,and Function. New York: Academic Press: 1980. p. 115–26.

27. Takiyama N, Matsumoto K. Age-and sex-related differences of serum carnitine in a Japanese population. J Am Coll Nutr 1998;17: 71-74.

28. Braun B , Horton T. Endocrine regulation of substrate utilization during exercise in women compared to men. Exerc Sport Sci Rev 2002; 29: 149–56.

29. Demirkol M, Sewell AC, Bohles H. The variation of carnitine content in human blood cells during disease-a study in bacterial infection and inflammatory bowel disease. Eur J Pediatr 1994;153:565-8.

30. Nourshahi M, Kavyani M, Ebrahim Kh, Kimiagar M. The effects of acute L-carnitine supplementation on

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

anaerobic threshold and lactate accumulation during exhausted exercise, Iranian J Nutr Sci Food Technol. 1388.(2):1-8 [in Persian].

31. Eizadi M, Pourvaghar AA , Nazem F, Eghdami A , Khorshidi D. The Determination of Acute Oral L-Carnitine Ingestion on Physiological and Biochemical Parameters Related with Lipids in Endurance Exercise.J Babol univ med sci 2009;11(5):45-51 [in Persian]. (5); Dec-Jan 2009-2010.

32. Shoa kazemi M, kimagar M, Rast manesh R, Sar reshte M, Taleban F. The effect of L-Carnitine supplementation on the blood lactic acid during exercise by treadmill test. J Kordestan Uni Med Sci 2005;10:43-52 [in Persian].

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

The effects of L-carnitine supplementation in different phases of menstrual cycle on the metabolic responses after exhausted exercise in active women

Nourshahi M[*1], *Rajaeyan A*[2], *Kimiagar M*[3], *Ebrahim Kh*[4]

1- *Corresponding author: Assistant Prof, Dept. of Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shahid Beheshti University. Tehran, Iran. E-mail: m-nourshahi@sbu.ac.ir

2- M.Sc in Sport Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

3- Prof, Dept. of Clinical Nutrition & Dietetics, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

4- Prof, Dept. of Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences , Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Received 4 Apr, 2010 **Accepted 19 Dec, 2010**

Background and Objective: Reports in the literature on the menstruation cycle and its effect on exercise performance are contradictory, while consumption of nutrient supplements by women aiming at enhancing performance is invreasing. The purpose of this study was to investigate the effect of L-carnitine supplementation in the follicular and luteal phases of the menstrual cycle on the aerobic capacity and metabolic responses and performance after exhausted exercise in active women.

Materials and Methods: The study design was a double-blind cross-sectional trial. Twenty-six active volunteer college girl-students, 22.8 ± 3.0 years old, with a regular menstrual cycle with the folowing anthropometric measurements were selected: weight, 56.6±6.0 Kg; height, 163.3±4.0 cm; BMI, 20.8 ± 1.2 kg/m2. They were invited to come to our laboratory 3-9 days (i.e., in the follicular phase) and 18-25 days (i.e., in the luteal phase) after bleeding, at 2 consecutive months. They took either L-carnitine or placebo (40 mg/Kg body weight) capsules 2 hours before the Brunce test. The statistical tests used for data analysis were the one-way ANOVA with repeated measurement for parametric, and the Freidman test for non-parametric, data.

Results: The maximal oxygen consumption and time to exhaustion in both follicular and luteal phases increased significantly with L-carnitine supplementation by 5.5% and 6.7% (as compared to placebo), respectively. Also, L-carnitine supplementation in both phases led to a statistically significant decrease in blood lactate accumulation ($F_{3,66} = 5.235$, $P = 0.003$); the magnitude of reduction in the follicular phase was 28.2% higher than in the luteal phase. On the other hand, the respiratory ventilation in the luteal phase increased significantly with L-carnitine supplementation (15% higher compared to the follicular phase).

Conclusion: L-carnitine supplementation in the follicular phase, when estrogen is at its minimal level, can help decrease a reduction in VO2max and excrcise performance. The increased serum L-carnitine level may cause an increase in ß-oxidation and, thereby, increase VO2max and enhance performance.

Keywords: L-Carnitine, Menstrual Cycle, Luteal phase, Follicular phase, Respiratory capacity

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