

تأثیر مکمل یاری L-کارنیتین در مقایسه با تمرین هوازی متوسط بر مقاومت به انسولین و شاخص‌های تن‌سنجی در زنان چاق

دکتر مریم رف^۱، مینا کریمی^۲، دکتر محمدرضا رشیدی^۳، دکتر افشار جعفری^۴

نویسنده‌ی مسوول: تبریز، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، مرکز تحقیقات تغذیه، دانشکده‌ی تغذیه mina.karimi33@yahoo.com

دریافت: ۹۱/۲/۵ پذیرش: ۹۱/۷/۳

چکیده

زمینه و هدف: مقاومت به انسولین از اجزای کلیدی سندرم متابولیک و فاکتور خطر ساز برای دیابت و بیماری‌های قلبی عروقی به خصوص در افراد چاق می‌باشد. هدف مطالعه‌ی حاضر بررسی تأثیر مکمل یاری L-کارنیتین در مقایسه با تمرین هوازی متوسط بر مقاومت به انسولین و شاخص‌های تن‌سنجی در زنان چاق بود.

روش بررسی: در این کارآزمایی بالینی ۴۴ نفر از زنان چاق ($BMI \geq 30 \text{ kg/m}^2$) به‌طور تصادفی به چهار گروه ۱۱ نفره به ترتیب زیر تقسیم شدند: ۱- دریافت L-کارنیتین (۲g/day)، ۲- تمرین هوازی به‌همراه دارونما، ۳- دریافت L-کارنیتین به‌علاوه‌ی تمرین هوازی و ۴- دریافت دارونما. طول مدت کلیه‌ی مداخلات ۸ هفته بود و مداخله‌ی گروه‌های تمرین هوازی نیز به صورت سه جلسه در هفته انجام شد. در شروع و پایان مطالعه، اندازه‌گیری‌های وزن دورکمر، دورباسن، نسبت دورکمر به باسن، نمایه‌ی توده بدن، دریافت غذایی روزانه و سطوح ناشتای سرمی کارنیتین آزاد، گلوکز خون، انسولین و شاخص مقاومت انسولینی HOMA بررسی شدند.

یافته‌ها: در گروه‌های تمرین هوازی به‌همراه دارونما و دریافت L-کارنیتین به‌همراه تمرین هوازی، کاهش معنی‌دار دورکمر و دورباسن مشاهده شد. گلوکز خون ناشتا، انسولین و شاخص مقاومت انسولینی HOMA در گروه‌های تمرین هوازی به‌همراه دارونما و دریافت L-کارنیتین به‌همراه تمرین هوازی و دریافت کننده‌ی L-کارنیتین به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند.

نتیجه‌گیری: نتایج بیانگر تأثیر مفید تمرین هوازی بر مقاومت به انسولین و شاخص‌های تن‌سنجی از جمله دورکمر و دور باسن در مقایسه با مکمل‌یاری L-کارنیتین بود و L-کارنیتین به تنهایی اثر مفیدی بر شاخص‌های تن‌سنجی نداشت. L-کارنیتین مقاومت به انسولین را کاهش داد که این اثر در مکمل‌یاری همزمان آن با تمرین هوازی بیشتر بود. تمرین هوازی بهترین روش کاهش وزن و بهبود مقاومت به انسولین نتیجه‌گیری شد.

واژگان کلیدی: چاقی، L-کارنیتین، تمرین هوازی متوسط، مقاومت به انسولین

۱- دکترای تخصصی علوم تغذیه، دانشیار دانشگاه علوم پزشکی تبریز، مرکز تحقیقات تغذیه

۲- کارشناسی ارشد علوم تغذیه، مرکز تحقیقات تغذیه، دانشکده تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی تبریز

۳- دکترای تخصصی شیمی دارویی، استاد دانشگاه علوم پزشکی تبریز، مرکز تحقیقات کاربردی دارویی

۴- دکترای فیزیولوژی ورزش، دانشیار دانشگاه تبریز

مقدمه

چاقی مشکل اصلی جوامع مختلف به ویژه زنان است و یکی از مهم ترین عوامل در سبب شناسی بیماری های مزمن می باشد و با عوامل مختلفی چون سطح فعالیت بدنی، سبک زندگی، رژیم غذایی، ژنتیک و بیماری ها ارتباط دارد (۱ و ۲). شیوع چاقی در همه ی گروه های سنی و در اغلب کشورهای در حال توسعه به ویژه در میان زنان در حال افزایش است. به طوری که چاقی را می توان امروزه به عنوان فراگیرترین همه گیری جهان، که سرعت رشد زیادی دارد محسوب کرد (۳). پیش بینی ها نشان می دهد تا سال ۲۰۳۰ تقریباً نیمی از جمعیت جهان چاق و یا دارای اضافه وزن خواهند بود (۴). چاقی و افزایش دور کمر عوامل خطری می باشند که با مقاومت به انسولین ارتباط دارند (۱ و ۲). این موارد در ترکیب با عواملی چون فعالیت جسمانی کم موجب بدتر شدن علامت بالینی بیماری های مرتبط با چاقی مثل دیابت می شود. وجود توام دیابت و چاقی دارای چنان فراوانی است که واژه ی دیابستی (Diabetes) برای آن پیشنهاد شده است (۵-۷). برای کاهش عوارض و بیماری های مرتبط با چاقی مداخلات مختلفی پیشنهاد شده است، از جمله جراحی، رژیم درمانی، دارو درمانی، رفتار درمانی، فعالیت بدنی و انواع مختلف مکمل های رژیمی که در کنترل چاقی بزرگسالان و یا عوارض ناشی از آن به خصوص زمانی که در کنار یکدیگر به کار گرفته شوند، بسیار موثرند. امروزه فرمول های تغذیه ی دارویی ممکن است یک نوآوری جدید برای درمان تغذیه ای بیماران چاق باشد. یکی از مواردی که در درمان تغذیه ای بیماران چاق اثرات مثبتی داشته است L-کارنتین است (۸). L-کارنتین مولکول کوچک محلول در آب است که در متابولیسم چربی ها و همچنین جهت عملکرد نرمال متابولیسم انرژی در بیشتر بافت ها لازم است (۹). نتایج مطالعات نشان دهنده ی دخالت L-کارنتین در برداشت، مصرف و همچنین اکسیداسیون گلوکز بوده، لذا پیشنهاد کننده ی این مطلب

می باشند که مکمل یاری L-کارنتین ممکن است برای افرادی که از مقاومت به انسولین رنج می برند، فوایدی داشته باشد (۱۰-۱۲). از طرفی سطوح پایین فعالیت فیزیکی یکی از عوامل اصلی مرتبط با چاقی و متعاقب آن بیماری های مزمن است و برخی مطالعات نشان داده اند، مداخلات سبک زندگی مثل فعالیت های ورزشی به خصوص از نوع هوازی می تواند در کنترل عوارض چاقی مؤثر باشد. تمرین هوازی (ایروبیک) نوعی فعالیت ورزشی منظم هوازی بوده که هدف آن بهبود دستگاه مصرف اکسیژن می باشد (۱۳). این نوع تمرین به علت استفاده از گلوکز و چربی به عنوان منابع انرژی می تواند در کنترل گلیسمیک در افراد چاق نقش داشته باشد (۱۷-۱۳). با توجه به اینکه مکمل هایی نظیر L-کارنتین و تمرین ورزشی ممکن است در کاهش سطوح گلوکز، مقاومت به انسولین به عنوان عواملی که عوارض ناشی از چاقی را تشدید می کنند، اهمیت داشته باشند و نتایج مطالعات پیرامون اثرات مکمل L-کارنتین و انواع مختلف تمرین ورزشی بر سطوح گلوکز خون و مقاومت به انسولین و وزن بدن یکنواخت نمی باشد، لذا مطالعه ی حاضر با هدف تعیین تاثیر مکمل یاری L-کارنتین به تنهایی و در ترکیب با تمرین هوازی متوسط بر شاخص مقاومت به انسولین (HOMA-IR) و شاخص های تن سنجی در زنان چاق طراحی گردید.

روش بررسی

در این کار آزمایی بالینی تصادفی، ۴۴ نفر از بانوان چاق به طور تصادفی (Random-Allocation) به چهار گروه ۱۱ نفره طوری که گروه ها از نظر سن و BMI همگن باشند، تقسیم شدند. تقسیم افراد از نظر دریافت مکمل L-کارنتین و یا دارونما به صورت دوسوکور و توسط کارشناس ارشد تربیت بدنی صورت گرفت. گروه ها شامل گروه دریافت کننده ی مکمل L-کارنتین (CAR)، گروه تمرین هوازی متوسط + دریافت کننده ی دارونما (EXR+PLA)، گروه

دریافت کننده‌ی مکمل L-کارنیتین + تمرین هوازی متوسط (CAR+EXR) و گروه دریافت کننده‌ی دارونما (PLA) بود. مطالعه توسط کمیته‌ی اخلاق دانشگاه علوم پزشکی تبریز تایید و در سایت irct.ir با شماره کد IRCT138901193664N1 ثبت گردید. در این مطالعه نمونه‌گیری به روش Convenience (در دسترس) صورت گرفت به این ترتیب که با نصب اطلاعیه در دانشگاه زنان چاقی که شرایط مطالعه را دارا بوده و داوطلب شرکت در مطالعه بودند انتخاب و وارد مطالعه شدند. مطالعه در محل باشگاه بدنسازی و آمادگی جسمانی دانشگاه علوم پزشکی تبریز انجام یافت. معیارهای ورود به مطالعه شامل داوطلب شرکت در مطالعه، گروه سنی ۲۰ تا ۵۰ سال، $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ نمایه‌ی توده‌ی بدنی (BMI) و درصد چربی ≤ 30 بود. همچنین معیارهای عدم ورود به مطالعه افراد مبتلا به دیابت ۲، پر فشاری خون، بیماری‌های کبدی، پرکاری و یا کم‌کاری تیروئید، بیماری‌های قلبی - عروقی، بیماری‌های کلیوی، گوارشی، مشکلات اورتوپدی، آرتریت روماتوئید و یا بیماری‌های دیگر، حاملگی، یائسگی، مصرف هر نوع مکمل آنتی‌اکسیدانی (ویتامین‌ها یا مواد معدنی) در شش ماه اخیر، افرادی که به طور معمول (سه جلسه در هفته، بیش از دو ساعت) تمرینات ورزشی انجام می‌دهند و داشتن رژیم غذایی خاص بود. برای هر فرد پرسشنامه‌ی اطلاعات عمومی شامل سن، داروهای مصرفی، میزان فعالیت جسمانی و ورزشی، ابتلا به بیماری‌های خاص تکمیل گردید. اندازه‌گیری‌های تن‌سنجی در ابتدا و انتهای مطالعه انجام گرفت. قد و وزن افراد مورد مطالعه توسط ترازوی Seca مدل متصل به قد سنج با دقت ۰/۱ سانتی‌متر و ۰/۱ کیلوگرم اندازه‌گیری گردید و BMI از تقسیم وزن به کیلوگرم بر مجذور قد به متر محاسبه گردید (۱۸). دور کمر در ناحیه‌ی فاصله میانی بین ستیغ ایلپاک و دنده آخر یا زائده خنجر و دور باسن در ناحیه بزرگترین قطر دایره در فاصله‌ی بین کمر و زانو توسط متر نواری (با

دقت ۰/۵ سانتی‌متر) اندازه‌گیری شد و نسبت دور کمر (سانتی‌متر) به باسن (سانتی‌متر) (WHR) محاسبه شد. برای اندازه‌گیری سستبرای چین پوستی در ناحیه‌ی عضله بازو (بین زائده آکرومیون و آرنج)، در ناحیه‌ی شکم (دو سانتی‌متر به سمت راست ناف) و در ناحیه‌ی فوق خاصره (بلافاصله در زاویه‌ی جلویی در بالای ایلپاکرست) از کالپر (HARPENDEN Model 0120، ساخت انگلیس) با حساسیت ۰/۱ میلی‌متر استفاده شد. برای محاسبه‌ی درصد چربی (%BF) از رابطه‌ی زیر استفاده شد (۱۹):

$$\%BF = (2 \times 0.0112) - (\text{مجموع } 3 \text{ ناحیه} \times 0.41563) + 4.3653$$

(سن $\times 0.3663$) + [مجموع ۳ ناحیه]

جهت ارزیابی دریافت غذایی افراد در ابتدا و پایان مطالعه در هر بار سه روز ثبت غذایی (شامل دو روز عادی و یک روز تعطیل) گردآوری شد. افراد در گروه‌های با مصرف کارنیتین به مدت دو ماه روزانه دو گرم L-کارنیتین (به صورت هشت قرص ۲۵۰ میلی‌گرمی)، در سه وعده همراه غذا (در دو وعده سه عدد قرص و در یک وعده دو عدد قرص) دریافت کردند. گروه‌های دارونما نیز هشت قرص دارونما را در سه وعده (در دو وعده سه عدد قرص و در یک وعده دو عدد قرص) به مدت دو ماه دریافت کردند. مکمل‌ها هر دو هفته یک‌بار به افراد تحویل داده شد و برای سنجش میزان پیروی آن‌ها از دریافت مکمل از افراد خواسته شد هر بار پاکت مکمل را تحویل دهند. افراد شرکت کننده جهت انجام تمرینات هوازی، در یک پروتوکل ورزشی تحت نظارت پژوهشگر و کارشناس تربیت بدنی و در یک سالن آمادگی جسمانی و بدن سازی شرکت کردند. برنامه‌ی تمرین هوازی متوسط به مدت هشت هفته (سه جلسه در هفته در مجموع ۲۴ جلسه) اجرا گردید. شدت با استفاده از ضربان قلب بیشینه (۵۵ تا ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه) تعیین گردید. شدت تمرین از ۵۵ درصد در جلسه‌ی اول شروع شد و در جلسات پایانی به ۷۰ درصد رسید. به این ترتیب که پس از ۱۵ دقیقه گرم کردن عمومی با

تلقی شد. از نرم افزار N4 (Nutritionist 4) جهت آنالیز داده‌های مربوط به دریافت غذایی استفاده شد.

یافته‌ها

میانگین سن، وزن، BMI، WHR، دور کمر، دور باسن و دریافت انرژی روزانه افراد در کلیه‌ی گروه‌ها در حالت پایه (قبل از مداخله) و در پایان مطالعه به ترتیب در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده است. میانگین سنی کل افراد $35/45 \pm 6/4$ سال بود. براساس آزمون آنالیز واریانس یکطرفه در ابتدای مطالعه تفاوت آماری معنی‌داری بین گروه‌های مورد مطالعه از نظر متغیرهای فوق الذکر وجود نداشت. میانگین دور کمر و دور باسن در گروه‌های EXR+PLA و CAR+EXR بعد از مداخله به طور معنی‌داری کمتر از قبل از مداخله بود، به ترتیب برای دور کمر ($P=0/02$ و $P=0/01$)، برای دور باسن ($P=0/01$ و $P=0/008$). آزمون آنالیز واریانس یکطرفه و تعقیبی Tukey نشان داد تغییرات دور کمر و دور باسن در گروه‌های EXR+PLA و CAR+EXR نسبت به گروه‌های PLA و CAR معنی‌دار می‌باشد. در گروه CAR و PLA تغییرات معنی‌دار در این شاخص‌ها مشاهده نشد. همچنین تغییرات وزن، BMI، WHR و دریافت انرژی نیز در هیچ یک از گروه‌ها معنی‌دار نبود. جدول ۳ و ۴ میانگین سطح کارنیتین آزاد سرم و سطوح سرمی گلوکز خون ناشتا، انسولین سرم و HOMA-IR را در تمام گروه‌های مورد مطالعه در ابتدای مطالعه و بعد از مداخله نشان می‌دهد. نتایج آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که در ابتدای مطالعه تفاوت آماری معنی‌داری بین گروه‌های مورد مطالعه از نظر متغیرهای فوق الذکر وجود نداشت. سطح کارنیتین آزاد سرم در گروه‌های CAR و CAR+EXR بعد از مداخله به‌طور معنی‌داری بیشتر از قبل مداخله بود (به ترتیب $P=0/004$ و $P=0/001$). سطوح گلوکز خون ناشتا، انسولین سرم و HOMA-IR در گروه‌های CAR، EXR+PLA و CAR+EXR

استفاده از حرکات کششی و نرمشی، نیمی از زمان تمرین به چرخ کارسنج و نیمی دیگر به اسکی صحرانوردی اختصاص داده شد (۱۷ و ۱۳-۱۵). از افراد درخواست شد که در طول مطالعه، رژیم غذایی معمول خود را پیروی کنند و بسته به گروهی که در آن هستند فعالیت بدنی خود را تغییر ندهند و یا در فعالیتهای ورزشی دیگر شرکت ننمایند.

در ابتدا و انتهای مطالعه، از کلیه‌ی افراد شرکت کننده به صورت ناشتا و در حالت نشسته، با استفاده از سرنگ یکبار مصرف نمونه‌ی خون وریدی از ورید سفالیک به حجم ۵ میلی‌لیتر گرفته شد. نمونه‌های خونی در ۱۵۰۰ دور و به مدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه سانتریفوژ شد. باقیمانده‌ی خون پس از جداسازی سرم جهت انجام آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت. میزان کارنیتین آزاد سرم با استفاده از کیت استاندارد (Enzymatic UV Test for the Determination of L-Carnitine, Roche/Germany) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری گلوکز بر پایه‌ی روش آنزیماتیک و رنگ سنجی (Enzymatic-colorimetric/CHOD-PAP) و اندازه‌گیری انسولین به روش کمی لومینسانس و با کیت اندازه‌گیری Dia sorin S.P.A, LIAISON انجام گرفت. مقاومت به انسولین به صورت HOMA-IR بیشتر از ۲/۱ تعریف شد (۲۰ و ۲۱) و مقدار آن از طریق فرمول زیر محاسبه شد (۲۰ و ۲۱).

$HOMA-IR = [405 \text{ mg/dl}] \times [\mu\text{U/ml}] \text{ انسولین ناشتا}$
کلیه‌ی متغیرهای کمی به صورت میانگین و انحراف معیار ارائه شد. جهت بررسی نحوه‌ی توزیع متغیرها از آزمون کولموگروواسمیرنوف استفاده شد، توزیع داده‌ها نرمال بود. برای مقایسه‌ی متغیرهای کمی بین چهار گروه در طی دوره‌های قبل و بعد از مداخله از آزمون One Way ANOVA استفاده شد. از آزمون تعقیبی Tukey برای مقایسات دوتایی بین چهار گروه در طی دوره‌های قبل و بعد از مداخله و از آزمون Paired T-Test برای مقایسه‌ی تغییرات متغیرهای کمی قبل و بعد از مداخله در هرگروه مورد مطالعه استفاده شد. در کلیه‌ی آزمون‌ها $P < 0/05$ معنی‌دار

تفسیر نتایج به عنوان متغیر مداخله گر محسوب نخواهد شد. بر اساس یافته‌های جدول ۳ قبل و بعد از مداخله سطح کارنتین آزاد سرمی در همهی افراد در محدوده‌ی طبیعی ($3/22 \text{ mg/l}$ یا $\geq 20 \mu\text{mol/L}$) بود. سطح کارنتین آزاد سرم پس از مداخله، در گروه‌های مکمل‌یاری شده با L-کارنتین (CAR و CAR+EXR) نسبت به حالت پایه افزایش معنی‌داری نشان داد و این تغییرات در گروه‌های مکمل‌یاری شده نسبت به گروه‌های دارونما (PLA و EXR+PLA) معنی‌دار بود. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده‌ی تأثیر مثبت مکمل‌یاری L-کارنتین بر سطح کارنتین آزاد سرمی در گروه‌های CAR و CAR+EXR می‌باشد. یافته‌های به دست آمده مشابه با یافته‌های مطالعات قبلی می‌باشد که افزایش غلظت کارنتین سرمی پس از دریافت مکمل کارنتین در دوره‌های زمانی ۸ الی ۲۱ روز را گزارش کرده‌اند (۲۶-۲۲).

بر اساس یافته‌های جدول ۲ و ۱ مکمل‌یاری L-کارنتین به تنهایی تغییرات معنی‌دار در شاخص‌های تن‌سنجی ایجاد نکرد. نتایج مطالعات در خصوص تأثیر مکمل‌یاری L-کارنتین بر وزن بدن غیریکنواخت و در بعضی موارد متناقض است، به‌طوری‌که ارتباط بین L-کارنتین و وزن بدن هنوز نامعلوم است. لوفگرن و همکاران نیز با بررسی اثر تغییرات رژیم، افزایش فعالیت جسمانی و مکمل غذایی L-کارنتین یا دارونما به مدت ۱۰ هفته روی شاخص‌های تن‌سنجی و ترکیب بدن در زنان چاق یا دارای اضافه وزن غیر یائسه، مشاهده کردند که بین گروه L-کارنتین و گروه دارونما برای هیچ کدام از پارامترهای اندازه‌گیری شده تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (۲۷). از مطالعه‌ی فوق چنین نتیجه‌گیری شد که کارایی استفاده از مکمل‌یاری L-کارنتین به‌منظور کاهش وزن بحث‌برانگیز است. از سویی تعدادی از مطالعات نشان داده‌اند که مکمل‌یاری L-کارنتین می‌تواند افزایش کارنتین را در بافت‌های مختلف تحریک کرده، متعاقب آن باعث افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب گردد.

بعد از مداخله به‌طور معنی‌داری کمتر از قبل مداخله بود، به ترتیب برای گلوکز خون ناشتا، ($P=0/005$ ، $P=0/02$) و برای انسولین سرم، ($P=0/001$ ، $P=0/004$) و برای HOMA-IR، ($P=0/001$ ، $P=0/005$) در گروه PLA تغییرات معنی‌دار در این شاخص‌ها قبل و بعد از مداخله مشاهده نشد. از طرفی آزمون آنالیز واریانس یکطرفه و تعقیبی Tukey نشان داد تغییرات سطح گلوکز خون ناشتا، انسولین سرم و HOMA-IR در گروه‌های CAR، EXR+PLA و CAR+EXR نسبت به گروه PLA معنی‌دار بود. همچنین مقدار تغییرات انسولین سرم در گروه CAR+EXR نسبت به گروه‌های CAR و EXR+PLA نیز معنی‌دار بود، تغییرات فوق در سایر گروه‌ها معنی‌دار نبود.

بحث

بر اساس یافته‌ها، سطح کارنتین آزاد سرم پس از مداخله، در گروه‌های مکمل‌یاری شده با L-کارنتین (CAR و CAR+EXR) نسبت به حالت پایه افزایش معنی‌داری نشان داد و این تغییرات در گروه‌های مکمل‌یاری شده نسبت به گروه‌های دارونما (PLA و EXR+PLA) معنی‌دار بود. مکمل‌یاری L-کارنتین به تنهایی تغییرات معنی‌دار در شاخص‌های تن‌سنجی ایجاد نکرد در حالی که تمرین هوازی متوسط به تنهایی و یا همراه با مکمل‌یاری L-کارنتین دور کمر و دور باسن را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. همچنین نشان داده شد که سطوح گلوکز خون ناشتا، انسولین سرم و HOMA-IR در گروه‌های CAR، EXR+PLA و CAR+EXR بعد از مداخله به‌طور معنی‌داری کمتر از قبل از مداخله بود. در مطالعه‌ی حاضر مکمل‌یاری L-کارنتین و یا تمرین هوازی تغییر معنی‌دار در دریافت انرژی افراد ایجاد نکرده‌اند، لذا تغییرات حاصل در سایر متغیرها مربوط به تغییرات در دریافت انرژی افراد نمی‌باشد و متغیر مذکور در

افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب نیز در کاهش توده‌ی چربی مؤثر می‌باشد (۲۹ و ۲۸، ۸). به نظر می‌رسد مکمل‌یاری L-کارنتین در افرادی که سطوح پایین آن را دارند، کمک می‌کند تا توده‌ی چربی کاهش یافته و تعادل انرژی بدون محدودیت کالری حفظ گردد (۲۸). به این ترتیب عدم تغییر معنی‌دار در وزن و BMI افراد در گروه‌های مکمل‌یاری شده با L-کارنتین در مطالعه‌ی حاضر نیز می‌تواند به دلیل طبیعی بودن سطوح پایه L-کارنتین در افراد مورد مداخله باشد (جدول ۳).

در مطالعه‌ی ما (جدول ۲) مشاهده شد که تمرین هوازی متوسط به تنهایی و یا همراه با مکمل‌یاری L-کارنتین دور کمر و دور باسن را به طور معنی‌داری کاهش داد. مشابه با نتایج مطالعه‌ی حاضر، دورایز و همکاران نیز در مطالعه‌ی خود اثر ۱۲ هفته ورزش هوازی استقامتی را در ۱۲ زن چاق و ۱۲ زن لاغر بررسی کردند. طبق نتایج وزن بدن و یا ترکیب بدن در اثر تمرین ورزشی به طور معنی‌داری تغییر نیافت ولی دور کمر به طور معنی‌داری کاهش نشان داد (۱۷). از طرفی براون و همکاران اثر ۱۵ هفته مداخلات سبک زندگی شامل رژیم کم کالری و ورزش روزانه را در افراد چاق مورد بررسی قرار دادند، طبق نتایج مداخلات منجر به کاهش وزن بدن شدند (۳۰). در کل چنین بر می‌آید که تأثیر و یا عدم تأثیر تمرین ورزشی بر وزن و ترکیب بدن همان طور که مطالعات مختلف نیز نشان می‌دهند بسته به مدت، شدت، نوع تمرین ورزشی و یا محدودیت و عدم محدودیت کالری متفاوت است. از سویی از نتایج مطالعات مختلف (۳۱-۳۴ و ۲۸) و مطالعه‌ی ما چنین بر می‌آید که مکمل‌یاری L-کارنتین با یا بدون تمرین هوازی، بدون محدودیت کالری احتمالاً تأثیری بر وزن بدن ندارد. بر اساس یافته‌های جدول ۴، سطوح پایه گلوکز خون ناشتا قبل از مداخله در کلیه‌ی گروه‌ها در حد نرمال (گلوکز خون ناشتا کمتر از >110 میلی‌گرم در دسی‌لیتر) و سطوح شاخص HOMA-IR در کلیه‌ی گروه‌ها بالاتر از حد

نرمال ($HOMA-IR < 2/1$) بود (۲۱ و ۲۰). مداخلات به‌صورت مکمل‌یاری L-کارنتین، تمرین هوازی و یا توأم آن‌ها موجب کاهش معنی‌دار سطوح گلوکز خون ناشتا، انسولین سرم و HOMA-IR در گروه‌های مربوطه گردیده‌اند. این کاهش سطوح HOMA-IR در هیچکدام از گروه‌ها از نظر بالینی معنی‌دار نبود، چرا که سطوح آن بعد از مداخله نیز با وجود کاهش معنی‌دار آماری در گروه‌های مداخله، همچنان بالاتر از حد نرمال بود (حد نرمال: $HOMA-IR < 2/1$). نتایج مطالعه‌ی حاضر مشابه با مطالعاتی است که نشان دهنده‌ی تأثیر مکمل‌یاری L-کارنتین بر کاهش گلوکز و مقاومت به انسولین می‌باشند. مین‌گرون و همکاران نیز افزایش برداشت گلوکز و هم چنین افزایش اکسیداسیون گلوکز را توسط L-کارنتین در افراد مبتلا به دیابت نوع دو نشان دادند (۱۲). دروزا و همکاران در بیماران چاق دیابتی نوع دو نشان دادند که سیوترامین + L-کارنتین در مقایسه با سیوترامین به تنهایی، اثر بهتری بر سطوح پلاسمایی گلوکز ناشتا، گلوکز بعد از غذا، هموگلوبین گلیکوزیله، انسولین پلاسمایی ناشتا و شاخص HOMA و بهبود در وزن بدن داشت (۳۵). نتایج فوق در سایر مطالعات بر روی افراد دیابتی یا سالم نیز تأیید شده است (۳۶-۳۳). مطالعات حیوانی مختلف نیز نشان دهنده‌ی تأثیر مکمل‌یاری L-کارنتین در کاهش معنی‌دار گلوکز و مقاومت به انسولین و افزایش حساسیت انسولینی می‌باشند (۳۹-۳۷، ۹). L-کارنتین نقش مهمی در تنظیم اولیه‌ی متابولیسم انرژی دارد. دو مکانیسم ممکن برای اثرات متابولیک کارنتین و مشتقات آن عبارتند از: ۱) تنظیم عبور و مرور استیل و اسیل سلولی برای کفایت صحیح تقاضای انرژی ۲) فعالیت کنترلی در ساخت آنزیم‌های مهم گلیکولیتیک و گلوکونئوزنیک (۴۰). بسته به نسبت درون میتوکندریایی acyl-coA/coA، L-کارنتین اثرات اولیه در اکسیداسیون گلوکز و یا اکسیداسیون اسیدهای چرب دارد (۴۱). L-کارنتین نسبت داخل میتوکندریایی اسیل کوا به کوا

acyl-coA/coA را کاهش می‌دهد تا مصرف اکسیداتیو گلوکز و حساسیت انسولینی را بهبود بخشد (۴۲ و ۲۸). علاوه بر اثر غیرمستقیم L-کارنیتین در مصرف گلوکز از طریق اکسیداسیون گلوکز، نتایج بعضی از تحقیقات هم‌چنین، اثر مستقیم تأثیر L-کارنیتین را بر روی گلوکز و یا مصرف گلوکز به واسطه‌ی انسولین (حساسیت انسولینی) نشان داده‌اند (۴۰ و ۱۲). اطلاعات جدول ۴ در خصوص اثرات تمرین هوازی نیز همسو با نتایج مطالعاتی است که نشان‌دهنده‌ی بهبود سطح گلوکز خون ناشتا، انسولین سرم و HOMA-IR به دنبال تمرین هوازی می‌باشند (۴۳-۴۵). به طوری‌که در مطالعه‌ی ما تمرین هوازی به تنهایی یا همراه با L-کارنیتین موجب بهبودی شاخص‌های مربوطه گردیده است. این بهبود در مورد سطح انسولین سرم در گروه CAR+EXR نسبت به سایر گروه‌ها معنی‌دار بود که نشان‌دهنده‌ی تأثیرات مضاعف این دو نوع مداخله بر روی سطح انسولین سرم است. مطالعات دیگر اغلب اثر تمرین ورزشی را توأم با انواع

مختلف رژیم غذایی و یا سایر عوامل مورد مطالعه قرار داده‌اند. ویچرلی و همکاران در مطالعه‌ی خود گزارش دادند که مداخلات سبک زندگی شامل رژیم غذایی به‌تنهایی و یا همراه با ورزش هوازی، کنترل گلایسیمیک را در افراد چاق دیابتی بهبود می‌بخشد (۱۶). در مطالعه‌ی لوفگرن و همکاران، افزایش متوسط در فعالیت جسمانی و رژیم کم‌کالری و پروتئین منجر به بهبود حساسیت انسولینی گردید (۲۷). در مطالعه‌ی براون و همکاران نیز مداخله‌ی ورزشی و رژیم غذایی در افراد چاق منجر به افزایش حساسیت انسولینی شد (۳۰). از طرفی در مطالعه‌ی دورایز در افراد چاق تمرین هوازی استقامتی بدون ایجاد کاهش وزن تأثیری بر روی غلظت گلوکز خون، انسولین ناشتا و یا HOMA باقی نگذاشت (۱۷). با این حال در مطالعه‌ی ما در گروه‌های شامل تمرین هوازی (جدول ۴) کاهش معنی‌دار در سطوح گلوکز خون ناشتا، انسولین سرم و HOMA-IR بدون تغییرات معنی‌دار در وزن افراد در گروه‌های مربوطه بود (جدول ۱).

جدول ۱: میانگین و انحراف معیار، سن، وزن و BMI در گروه‌های مورد مطالعه، قبل و بعد از مداخله

متغیر	مرحله‌ی مطالعه	گروه CAR* (n=۱۱)	گروه EXR+PLA (n=۱۱)	گروه CAR+EXR (n=۱۱)	گروه PLA (n=۱۱)	P*
سن (سال)	قبل از مداخله	۳۴/۴۰±۵/۴۸	۳۶/۱۰±۷/۲۰	۳۴/۸۰±۶/۲۵	۳۶/۵۰±۷/۳۳	۰/۸۷
	بعد از مداخله	۸۷/۷۲±۶/۳۱	۸۲/۶۱±۶/۰۶	۸۵/۰۸±۱۱/۶۵	۸۵/۶۰±۸/۸۷	۰/۶۲
وزن (kg)	قبل از مداخله	۸۷/۳۳±۶/۳۷	۸۱/۷۸±۶/۳۷	۸۴/۳۸±۱۱/۹۲	۸۵/۸۹±۹/۶۹	۰/۵۵
	مقدار تغییرات	-۰/۳۹±۰/۶۲	-۰/۸۳±۱/۵۹	-۰/۷۰±۱/۳۳	-۰/۲۹±۱/۳۵	۰/۲۲
	-	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۵۱	P**
BMI (kg/m ²)	قبل از مداخله	۳۳/۹۹±۲/۳۳	۳۳/۸۱±۲/۲۰	۳۳/۳۳±۲/۴۶	۳۳/۵۲±۲/۰۴	۰/۹۱
	بعد از مداخله	۳۳/۸۴±۲/۳۵	۳۳/۴۸±۲/۵۴	۳۳/۰۳±۲/۳۹	۳۳/۶۲±۲/۳۴	۰/۸۹
	مقدار تغییرات	-۰/۱۵±۰/۲۴	-۰/۳۳±۰/۶۲	-۰/۳۰±۰/۵۴	-۰/۱۰±۰/۴۹	۰/۲۱
	-	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۱۸	۰/۵۳	P**

Paired T-Test :P**

One-Way ANOVA :P*

CAR: دریافت کننده‌ی مکمل کارنیتین

EXR+PLA: تمرین هوازی متوسط +دریافت کننده‌ی دارونما

CAR+EXR: دریافت کننده‌ی مکمل کارنیتین+تمرین هوازی متوسط

PLA: دریافت کننده‌ی دارونما

جدول ۲: میانگین و انحراف معیار دور کمر، دور باسن و WHR در گروه‌های مورد مطالعه، قبل و بعد از مداخله

متغیر	مرحله مطالعه	گروه CAR* (n=11)	گروه EXR+PLA (n=11)	گروه CAR+EXR (n=11)	گروه PLA (n=11)	p*
دور کمر (cm)	قبل از مداخله	۹۸/۰۵±۹/۵۵	۹۷/۱۰±۴/۰۷	۹۵/۱۰±۴/۷۵	۹۷/۷۰±۴/۹۴	۰/۷۲
	بعد از مداخله	۹۸/۵۰±۱۰/۰۰	۹۵/۰۰±۴/۲۱	۹۲/۸۰±۴/۷۱	۹۸/۳۰±۵/۸۷	۰/۱۷
	مقدار تغییرات	۰/۴۵±۱/۸۶	-۲/۱۰±۲/۲۳ ^{c, d}	-۲/۳۰±۲/۲۶ ^{d, b}	۰/۶۰±۲/۰۱	۰/۰۰۳
	-	۰/۴۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۳۷	p**
دور باسن (cm)	قبل از مداخله	۱۱۸/۱۰±۴/۴۸	۱۱۸/۶۰±۳/۵۹	۱۱۹/۷۰±۷/۵۴	۱۱۸/۲۰±۷/۳۵	۰/۹۳
	بعد از مداخله	۱۱۸/۳۵±۴/۵۰	۱۱۵/۷۵±۴/۲۵	۱۱۶/۹۰±۷/۹۹	۱۱۸/۹۰±۷/۹۶	۰/۶۹
	مقدار تغییرات	۰/۲۵±۲/۰۳	-۲/۸۵±۲/۹۸ ^{e, d}	-۲/۸۰±۲/۵۸ ^{f, d}	۰/۷۰±۱/۲۵	۰/۰۰۱
	-	۰/۷۱	۰/۰۱	۰/۰۰۸	۰/۱۱	p**
WHR	قبل از مداخله	۰/۸۳۰۲±۰/۰۷	۰/۸۱۹۳±۰/۰۴	۰/۷۹۵۹±۰/۰۴	۰/۸۲۹۴±۰/۰۶	۰/۴۹
	بعد از مداخله	۰/۸۳۲۷±۰/۰۸	۰/۸۲۱۴±۰/۰۴	۰/۷۹۵۷±۰/۰۵	۰/۸۲۹۲±۰/۰۶	۰/۵۱
	مقدار تغییرات	۰/۰۰۲۵±۰/۰۲	۰/۰۰۲۱±۰/۰۲	-۰/۰۰۰۱±۰/۰۲	-۰/۰۰۰۱±۰/۰۱	۰/۹۹
	-	۰/۷۰	۰/۷۹	۰/۹۹	۰/۹۷	p**
One-Way ANOVA :P*		Paired T-Test :P**		PLA نسبت به P=۰/۰۲ :b		PLA نسبت به P=۰/۰۲ :b
CAR نسبت به P=۰/۰۵ :c		CAR نسبت به P=۰/۰۳ :d		PLA نسبت به P=۰/۰۰۸ :e		PLA نسبت به P=۰/۰۰۹ :f

دریافت کننده‌ی مکمل کارنتین CAR:

دریافت کننده‌ی مکمل کارنتین+تمرین هوازی متوسط CAR+EXR:

تمرین هوازی متوسط+دریافت کننده‌ی دارونما EXR+PLA:

دریافت کننده‌ی دارونما PLA:

جدول ۳: میانگین و انحراف معیار کارنتین آزاد و دریافت انرژی در گروه‌های مورد مطالعه، قبل و بعد از مداخله

متغیر	مرحله مطالعه	گروه CAR* (n=11)	گروه EXR+PLA (n=11)	گروه CAR+EXR (n=11)	گروه PLA (n=11)	p*
کارنتین آزاد سرم (mg/L)	قبل از مداخله	۷/۷۶±۰/۵۳	۷/۰۶±۰/۴۹	۷/۵۸±۰/۴۹	۷/۸۸±۰/۴۶	۰/۲۲
	بعد از مداخله	۷/۵۱±۰/۵۲	۷/۱۹±۰/۳۷	۷/۴۷±۰/۴۶	۷/۹۵±۰/۴۶	۰/۰۳
	مقدار تغییرات	۰/۷۵±۰/۶۰ ^{b, d}	۰/۱۳±۰/۴۰	۰/۸۹±۰/۴۹ ^{d, c}	۰/۰۷±۰/۳۲	۰/۰۰۱
	-	۰/۰۰۴	۰/۳۳	۰/۰۰۱	۰/۵۱	p**
انرژی (Kcal/day)	قبل از مداخله	۲۴۵۰/۸۰±۲۲۲/۵۱	۲۵۰۰/۴۰±۱۷۷/۶۹	۲۴۸۵/۳۰±۲۳۶/۶۹	۲۴۱۵/۲۰±۱۲۸/۰۰	۰/۹۹
	بعد از مداخله	۲۳۸۲/۴۲±۲۰۵/۲۲	۲۳۸۳/۵۶±۱۶۷/۳۷	۲۳۴۴/۷۸±۲۱۶/۶۲	۲۵۰۷/۱۰±۱۱۶/۲۶	۰/۹۳
	مقدار تغییرات	-۶۷/۵±۱۰۵/۶۱	-۱۱۶/۴±۱۳۲/۶۷	-۱۳۹/۷±۱۳۳/۶۶	۹۱/۴±۶۹/۹	۰/۴۸
	-	۰/۵۳	۰/۴۰	۰/۳۲	۰/۲۲	p**
One-Way ANOVA :P*		Paired T-Test :P**		PLA نسبت به P=۰/۰۱ :a		PLA نسبت به P=۰/۰۰۲ :c
EXR+PLA نسبت به P=۰/۰۳ :b		EXR+PLA نسبت به P=۰/۰۰۴ :d				

دریافت کننده‌ی مکمل کارنتین CAR:

دریافت کننده‌ی مکمل کارنتین+تمرین هوازی متوسط CAR+EXR:

تمرین هوازی متوسط+دریافت کننده‌ی دارونما EXR+PLA:

دریافت کننده‌ی دارونما PLA:

جدول ۴: میانگین و انحراف معیار گلوکز خون ناشتا، انسولین سرم و HOMA-IR در گروه‌های مورد مطالعه، قبل و بعد از مداخله

متغیر	مرحله‌ی مطالعه	گروه CAR* (n=11)	گروه EXR+PLA (n=11)	گروه CAR+EXR (n=11)	گروه PLA (n=11)	P*
گلوکز خون ناشتا (mg/dl)	قبل از مداخله	104/20 ± 12/45	100/50 ± 11/85	105/30 ± 9/43	101/40 ± 8/51	0/72
	بعد از مداخله	99/30 ± 11/24	95/80 ± 11/17	97/80 ± 7/91	103/60 ± 10/99	0/4
	مقدار تغییرات	-4/90 ± 4/23 ^a	-4/70 ± 5/39 ^b	-7/50 ± 4/86 ^c	2/20 ± 6/36	0/002
P**	-	0/005	0/02	0/001	0/30	
انسولین سرم (μu/ml)	قبل از مداخله	16/00 ± 7/13	16/10 ± 6/58	15/95 ± 3/64	14/28 ± 3/96	0/864
	بعد از مداخله	13/28 ± 5/34	13/23 ± 5/21	10/03 ± 1/57	14/41 ± 3/94	0/143
	مقدار تغییرات	-2/72 ± 2/27 ^d	-2/87 ± 1/77 ^a	-5/92 ± 3/44 ^{e,c}	0/13 ± 0/39	0/001
P**	-	0/004	0/001	0/001	0/31	
HOMA-IR	قبل از مداخله	4/24 ± 2/34	4/13 ± 2/27	4/15 ± 1/03	3/59 ± 1/12	0/85
	بعد از مداخله	3/34 ± 1/64	3/19 ± 1/54	2/42 ± 0/40	3/69 ± 1/09	0/17
	مقدار تغییرات	-0/90 ± 0/77 ^a	-0/93 ± 0/80 ^a	-1/73 ± 0/90 ^b	0/09 ± 0/25	0/001
P**	-	0/005	0/005	0/001	0/24	

One-Way ANOVA: P*
 Paired T-Test: P**

a: P=0/02 نسبت به PLA
 b: P=0/03 نسبت به PLA
 c: P=0/001 نسبت به PLA
 d: P=0/04 نسبت به PLA
 e: P=0/01 نسبت به CAR

تمرین هوازی متوسط + دریافت کننده‌ی دارونما: EXR+PLA
 دریافت کننده‌ی دارونما: PLA
 دریافت کننده‌ی مکمل کارنیتین + تمرین هوازی متوسط: CAR+EXR
 دریافت کننده‌ی مکمل کارنیتین: CAR

نتیجه‌گیری

نتایج بیانگر تأثیر مفید تمرین هوازی بر شاخص‌های تن‌سنجی از جمله دور کمر و دور باسن در مقایسه با مکمل‌یاری L-کارنیتین بود و مکمل‌یاری L-کارنیتین به تنهایی اثر مفیدی بر متغیرهای فوق نداشت. مکمل‌یاری L-کارنیتین مقاومت به انسولین را کاهش داد که این اثر در مکمل‌یاری همزمان آن با تمرین هوازی بیشتر بود. به‌طور کلی نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد که تمرین هوازی به‌تنهایی یا همراه با مکمل‌یاری L-کارنیتین در مقایسه با مکمل‌یاری L-کارنیتین به‌تنهایی روش بهتری برای کاهش وزن و کم کردن مقاومت به انسولین می‌باشد. این مداخلات می‌توانند به‌منظور کمک به پیشگیری از ابتلا به

به این ترتیب نتایج مطالعه اثرات مفید تمرین هوازی را بر شاخص‌های گلیسمیک حتی بدون تغییر در وزن بدن مورد تأیید قرار می‌دهد. مکانیسمی که در اثر آن ورزش منجر به بهبود حساسیت انسولینی می‌شود، می‌تواند در نتیجه‌ی انقباض عضلات به دنبال تمرین ورزشی باشد که منجر به انتقال پروتئین ناقل گلوکز-4 (GLUT-4) به غشای پلاسمایی می‌شود. این اثر در نتیجه‌ی فعال‌شدن پروتئین‌کیناز 5-آدنوزین‌مونوفسفات می‌باشد که از افزایش غلظت کلسیم سیتوپلاسمی به دنبال دیلاریزاسیون غشایی و یا افزایش نسبت درون‌سلولی آدنوزین‌مونوفسفات به آدنوزین‌تری‌فسفات ناشی می‌شود. نتیجه‌ی حاصله بهبود وضعیت انرژی سلول است (44 و 43).

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از مرکز تحقیقات تغذیه، معاونت محترم پژوهشی و مرکز تحقیقات کاربردی دارویی دانشگاه علوم پزشکی تبریز که با حمایت مالی، ما را در انجام این تحقیق یاری کردند، سپاس‌گزاری می‌گردد.

بیماری‌های مزمنی چون دیابت در افراد چاق موثر باشد. پیشنهاد می‌شود برنامه‌های آموزشی مناسب جهت افزایش آگاهی افراد چاق و مسوولین و کارشناسان مربوطه، در زمینه‌ی انجام تمرین‌های ورزشی و اثرات مفید آن‌ها بر سلامتی افراد طراحی و ارائه گردد.

References

- 1- Kim YJ, Kim KY, Kim MS, Lee JH, Lee KP, Park T. A mixture of the aqueous extract of *Garcinia cambogia*, soy peptide and L-carnitine reduces the accumulation of visceral fat mass in rats rendered obese by a high fat diet. *Genes Nutr.* 2008; 2: 353-8.
- 2- Rector RS, Warner SO, Liu Y, et al. Exercise and diet induced weight loss improves measures of oxidative stress and insulin sensitivity in adults with characteristics of the metabolic syndrome. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2007; 293: 500-6.
- 3- Sarvghadi F, Rambod M, Hosseinpanah F, Hedayati M, Tohidi M, Azizi F. Prevalence of obesity in subjects aged 50 years and over in Tehran. *IJEM.* 2007; 2:99-104. [Farsi]
- 4- Janghorbani M, Amini M, Willett W, et al. First nationwide survey of prevalence of overweight, underweight, and abdominal obesity in Iranian adults. *Obesity.* 2007; 15: 2797-808.
- 5- Ridderstrale M, Gudbjornsdottir S, Eliasson B. Obesity and cardiovascular risk factors in type 2 diabetes: results from the Swedish National Diabetes Register. *J Int Med.* 2006; 259: 314-22.
- 6- Li TY, Rana JS, Manson JE. Obesity as compared with physical activity in predicting risk of coronary heart disease in women. *Circulation.* 2006; 113: 499-506.
- 7- Sarban S, Kocyigit A, Yazar M, Isikan UE. Plasma total antioxidant capacity, lipid peroxidation, and erythrocyteerythrocyte antioxidant enzyme activities in patients with rheumatoid arthritis and osteoarthritis. *Clin Biochem.* 2005; 38: 981-6.
- 8- Cave MC, Hurt RT, Frazier TH, et al. Obesity, inflammation, and the potential application of pharmaconutrition. *Nutr Clin Pract.* 2008; 23: 16-34.
- 9- Zhaofeng Z, Ming Z, Qiong L, Haifeng Z, Junbo W, Yong L. Acetyl-L-carnitine inhibits TNF- α -induced insulin resistance via AMPK pathway in rat skeletal muscle cells. *FEBS Letters.* 2009; 583: 470-4.
- 10- Rajasekar P, Anuradha CV. Effect of L-carnitine on skeletal muscle lipids and oxidative stress in rats fed high-fructose diet. *Exp Diabetes Res.* 2007; 72741: 1-8.
- 11- Capaldo B, Napoli R, Di Bonito P, Albano G, Saccà L. Carnitine improves peripheral glucose

- disposal in non-insulin-dependent diabetic patients. *Diabetes Res Clin Pract.* 1991; 14: 191-5.
- 12- Mingrone G, Greco AV, Capristo E, et al. L-carnitine improves glucose disposal in type 2 diabetic patients. *J Am Coll Nutr.* 1999; 18: 77-82.
- 13- Blair SN, LaMonte MJ, Nichaman MZ. The evolution of physical activity recommendations: how much is enough? *Am J Clin Nutr.* 2004; 79: 913-20.
- 14- Wise FM. Coronary heart disease. The benefits of exercise. *Aust Fam Physician.* 2010; 39: 129-33.
- 15- Dubach P, Sixt S, Myers J. Exercise training in chronic heart failure: why, when and how. *Swiss Med Wkly.* 2001; 131: 510-514.
- 16- Wycherley TP, Brinkworth GD, Noakes M, Buckley JD, Clifton PM. Effect of caloric restriction with and without exercise training on oxidative stress and endothelial function in obese subjects with type 2 diabetes. *Diabetes Obes Metab.* 2008; 10: 1062-73.
- 17- Devries MC, Hamadeh M, Glover A. Endurance training without weight loss lowers systemic, but not muscle, oxidative stress with no inflammation in lean and obese women. *Radic Biol Med.* 2008; 45: 503-11.
- 18- Lysen LK, Israel DA. Nutrition in weight management. In: Mahan LK, Escot-Stump S. Editors. Krause's food and nutrition therapy. Saunders: Elsevier Publishing. 2012: 462-89.
- 19- Slogan AW, Burt JJ, Blyth CS. Estimation of body fat in young women. *J Appl Physiol.* 1962; 17: 967-70.
- 20- Meshkani R, Taghikhani M, Larijani B, Khatami S, Khoshbin E, Adeli K. The relationship between homeostasis model assessment and cardiovascular risk factors in Iranian subjects with normal fasting glucose and normal glucose tolerance. *Clin Chim Acta.* 2006; 371: 169-75.
- 21- Sharifi F, Mazloomi S, Mousavinasab N. High serum ferritin concentrations in polycystic ovary syndrome is not related to insulin resistance. *IJDO.* 2011; 3: 47-53.
- 22- Spiering BA, Kraemer WJ, Hatfield DL, et al. Effects of L-carnitine L-tartrate supplementation on muscle oxygenation responses to resistance exercise. *J Strength Cond Res.* 2008; 22: 1130-5.
- 23- Decombaz J, Deriaz O, Acheson K, Gmuender B, Jequier E. Effect of L-carnitine on submaximal exercise metabolism after depletion of muscle glycogen. *Med Sci Sport Exerc.* 1993; 25: 733-40.
- 24- Bacurau RFP, Navarro F, Bassit RA, et al. Does exercise training interfere with the effects of L-carnitine supplementation? *Nutrition.* 2003; 19: 337-41.
- 25- Ho JY, Kraemer WJ, Volek JS, et al. L-carnitine L-tartrate supplementation favorably affects biochemical markers of recovery from physical exertion in middle-aged men and women. *Metabolism.* 2010; 59: 1190-9.
- 26- Koba T, Hamada K, Sakurai M, et al. Branched-chain amino acid supplementation attenuates the accumulation of blood lactate dehydrogenase during distance running. *J sports Med Phys Fitness.* 2007; 47: 316.

- 27- Lofgren IE, Herron KL, West KL, et al. Weight loss favorably modifies anthropometrics and reverses the metabolic syndrome in premenopausal women. *J Am Coll Nutr.* 2005; 24: 486-93.
- 28- Bernard A, Rigault C, Mazue F, Le Borgne F, Demarquoy J. L-carnitine supplementation and physical exercise restore age-associated decline in some mitochondrial functions in the rat. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2008; 63A: 1027-33.
- 29- Rebouche CJ. Kinetics, pharmacokinetics, and regulation of L-carnitine and acetyl-L-carnitine metabolism. *Ann N Y Acad Sci.* 2004; 1033: 30-41.
- 30- Bruun JM, Helge JW, Richelsen B, Stallknecht B. Diet and exercise reduce low-grade inflammation and macrophage infiltration in adipose tissue but not in skeletal muscle in severely obese subjects. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2006; 290: 961-7.
- 31- Melton SA, Keenan MJ, Stanciu CE, et al. L-carnitine supplementation does not promote weight loss in ovariectomized rats despite endurance exercise. *Int J Vitam Nutr Res.* 2005; 75: 156-60.
- 32- Villani RG, Gannon J, Self M, Rich PA. L-carnitine supplementation combined with aerobic training does not promote weight loss in moderately obese women. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2000; 10: 199-207.
- 33- Wutzke KD, Lorenz H. The Effect of L-carnitine on fat oxidation, protein turnover, and body composition in slightly overweight subjects. *Metabolism.* 2004; 53: 1002-6.
- 34- Saldanha Aoki M, Rodriguez Amaral Almeida AL, Navarro F, Bicudo Pereira Costa-Rosa LF, Pereira Bacurau RF. Carnitine supplementation fails to maximize fat mass loss induced by endurance training in rats. *Ann Nutr Metab.* 2004; 48: 90-4.
- 35- Derosa G, Cicero AF, Gaddi A, Mugellini A, Ciccarelli L, Fogari R. The effect of L-carnitine on plasma lipoprotein (a) levels in hypercholesterolemic patients with type 2 diabetes mellitus. *Clin Ther.* 2003; 25: 1429-39.
- 36- Gaetano AD, Mingrone G, Castagneto M, Calvani M. Carnitine increases glucose disposal in humans. *J Am Coll Nutr.* 1999; 18: 289-95.
- 37- Amin KA, Nagy MA. Effect of carnitine and herbal mixture extract on obesity induced by high fat diet in rats. *Diabetol Metab Syndr.* 2009; 1: 1-14.
- 38- Van Weyenberg S, Buyse J, Janssens GPJ. Increased plasma leptin through L-carnitine supplementation is associated with an enhanced glucose tolerance in healthy ponies. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 2009; 93: 203-8.
- 39- Rajasekar P, Ravichandran MK, Anuradha CV. Intraperitoneal L-carnitine regulates lipid metabolism and reduces oxidative stress in fructose-induced hyperlipidemic rats. *Diabetologia Croatica.* 2006; 34: 87-95.
- 40- Mingrone G. Carnitine in type 2 diabetes. *Ann NY Acad Sci.* 2004; 1033: 99-107.

- 41- Power RA, Hulver MW, Zhang JY, et al. Carnitine revisited: potential use as adjunctive treatment in diabetes. *Diabetologia*. 2007; 50: 824-32.
- 42- Calvani M, Reda E, Arrigoni-Martelli E. Regulation by carnitine of myocardial fatty acid and carbohydrate metabolism under normal and pathological conditions. *Basic Res Cardiol*. 2000; 95: 75-83.
- 43- Jorge MLMP, De Oliveira VN, Resende NM, et al. The effects of aerobic, resistance, and combined exercise on metabolic control, inflammatory markers, adipocytokines, and muscle insulin signaling in patients with type 2 diabetes mellitus. *Metabolism*. 2011; 60: 1244-52.
- 44- Hawley JA, Lessard SJ. Exercise training-induced improvements in insulin action. *Acta Physiol (Oxf)*. 2008; 192: 127-35.
- 45- Habibzadeh N, Rahmani-Nia F, Daneshmandi H. The effect of walking exercise on the amount of fat mass and serum insulin in obese girls. *J Zanzan Univ Med Sci*. 2010; 18: 18-25.

Effect of L-carnitine Supplementation in Comparison with Moderate Aerobic Training on Insulin Resistance and Anthropometric Indices in Obese Women

Rafrat M¹, Karimi M², Rashidi MR³, Jafari A⁴

¹Nutritional Research Center, Faculty of Nutrition, Dept. of Community Nutrition, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

²Nutritional Research Center, Faculty of Nutrition, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

³Drug Applied Research Center, Faculty of Pharmacy, Dept. of Medicinal Chemistry, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran.

⁴Dept. of Physical Education and Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Corresponding Author: Karimi M, Nutritional Research Center, Faculty of Nutrition, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

E-mail: mina.karimi33@yahoo.com

Received: 24 Apr 2012 **Accepted:** 24 Sep 2012

Background and Objective: Insulin resistance is one of the key components of metabolic syndrome and a major risk factor for diabetes and cardio-vascular diseases, especially among obese people. The aim of this study was to evaluate the effects of L-carnitine supplementation either with or without moderate aerobic training on insulin resistance and anthropometric indices in obese women.

Materials and Methods: In this clinical trial, 44 obese women ($BMI \geq 30 \text{ kg/m}^2$) were randomly assigned into 4 groups (n=11 each) as follows: 1, L-carnitine supplementation (2 g/day) (group CAR); 2, aerobic training + placebo (group EXR+PLA); 3, L-carnitine supplementation + aerobic training (group CAR+EXR); and 4, placebo alone (group PLA). The intervention periods were eight-week long, and the subjects of aerobic training groups went through 3 training sessions a week. The weight, waist and hip circumferences, waist to hip ratios, body mass index, daily dietary intakes and serum fasting free L-carnitine levels, glucose and insulin levels, and HOMA-IR were measured before and after the interventions.

Results: Significant decreases in the waist and hip circumferences were observed in the EXR+PLA and CAR+EXR groups. The serum glucose fasting levels, as well as insulin and HOMA-IR (homeostasis model assessment-estimated insulin resistance) values decreased significantly in the CAR, EXR+PLA, and CAR+EXR groups.

Conclusion: The results indicate beneficial effect of aerobic training on insulin resistance and anthropometric measurements including waist and hip circumferences in comparison with L-carnitine alone supplementation. L-carnitine decreased the insulin resistance and was more effective along with aerobic training for improvement of insulin resistance. The aerobic training could be considered as an effective way of weight loss and insulin resistance improvement.

Keywords: Obesity, L-carnitine, Moderate aerobic training, Insulin resistance