

Original article

The Combined Effect of Basic Gymnastics Exercises and L-Carnitine Supplementation on Physical Factors Related to Health and Lipid Profile in Obese Female Children

Fakhrian Roghani S¹, Arabmomeni A*²

1. Department of Sports Physiology, School of Physical Education & Sports Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

2. Department of Sports Sciences, Faculty of Humanities, Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

* *Corresponding author.* Tel: +983135559171, Fax: +983135559171, E-mail: arabmomeni@iaukhsh.ac.ir

Article info

Article history:

Received: Jan 16, 2024

Accepted: Mar 13, 2024

Keywords:

Gymnastics

L-Carnitine

Lipids

Obesity

Children

ABSTRACT

Background: Obesity is a major health problem worldwide. Therefore, the purpose of this study was to determine the effects of l-carnitine supplementation on physical factors related to health and lipid profiles in obese female children with basic gymnastics exercises.

Methods: In this quasi-experimental study, with a pre-test-post-test design and a placebo group, 60 obese children among the girl students of Isfahan with BMI=30.28 kg/m² were selected purposefully and were divided into 4 groups (Basic gymnastics training, L-carnitine consumption, Combined, and Placebo). The training protocol was implemented for 12 weeks, three times a week, and 45 minutes for each session. Furthermore, the groups of L-carnitine consumption and combined used L-carnitine tablets with a dose of 2 g per day for 12 weeks. To analyze the data, multivariate covariance, and post hoc Tukey tests were used.

Results: A significant increase in Cardio-respiratory endurance, muscular endurance, muscular strength and flexibility was observed in both basic gymnastics training and combined groups ($p \leq 0.001$). In addition, a significant decrease in total cholesterol, triglyceride, and LDL and a significant increase in HDL were observed in the basic gymnastics training, and combined groups ($p \leq 0.002$). Also, the changes caused by the combined group on all variables were significantly better than other groups.

Conclusions: These findings indicate the beneficial effects of basic gymnastics training along with L-carnitine supplementation on physical factors related to health and lipid profile in obese children. Therefore, the combined use of basic gymnastic exercises and L-carnitine supplementation can be useful to improve these variables.

How to cite this article: Fakhrian Roghani S, Arabmomeni A. The Combined Effect of Basic Gymnastics Exercises and L-Carnitine Supplementation on Physical Factors Related to Health and Lipid Profile in Obese Female Children. J Ardabil Univ Med Sci. 2024;23(4):392-407.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

Extended Abstract

Background: Obesity is a major health concern worldwide. Obesity in children and adolescents has been increasing in the last two decades of the 20th century. It has been stated that obesity is associated with several complications such as type 2 diabetes, hypertension, cardiovascular diseases and dyslipidemia. Lipid profile changes are one of the risk factors for heart diseases and can predict the occurrence of cardiovascular diseases through them. Bad habits related to lifestyle play a big role in obesity. Therefore, it is necessary to modify the lifestyle, especially during adolescence, and to identify effective strategies to prevent overweight and obesity. Exercise and physical activity have been recognized as useful and applicable strategies for the prevention and even treatment of many diseases and physical, mental, and psychological problems related to obesity. One of the dynamic and very attractive sports that can affect body composition, and obesity and improve physical fitness factors is gymnastics. However, the effectiveness of this type of exercise has not been fully determined on physiological and functional indicators. In addition, one of the most famous supplements used for ideal weight loss is L-carnitine. This supplement plays an essential role in lipid metabolism through the transfer of long-chain fatty acids to the mitochondria where β -oxidation enzymes are located. Considering the importance of the problem of obesity in children and the limitations of studies regarding basic gymnastics exercises with L-carnitine supplementation in obese female children, this study was conducted to investigate the effect of basic gymnastics exercises with L-carnitine supplementation on lipid profiles and physical factors related to the health of obese female children.

Methods: This research is a semi-experimental and applied type of research that was conducted in 2022. The statistical population of this research was obese female children with an age range of 7 to 11 years and a BMI=30.28 kg/m² in the city of

Isfahan, 60 of whom were selected purposefully and divided into 4 groups of 15 people (Exercise, Supplement, Combined and Placebo). The entry criteria for this study are limited to female children between the ages of 7 and 11 who are obese and have a BMI equal 30.28 kg/m². They should not have engaged in any weight loss exercises during the past year, taken any drugs or supplements, using tobacco, or have a history of illness or infection that affects immune factors. Additionally, they should not have suffered from acute injury in the lower limbs within the last 6 months or experienced pain in the trunk or lower limbs. The exclusion criteria for this study included missing two consecutive practice sessions, lack of proper cooperation to carry out the intervention, and presence of injuries. The study involved a 12-week training program, consisting of three sessions per week. Additionally, participants took 2 grams of l-carnitine supplement daily for 12 weeks, following a specific schedule. The placebo group received 200 mg of starch daily, split into two doses in the morning and evening, along with water. During the study, lipid profile indices and physical fitness factors were measured before and after the 12-week program. To perform the analysis, we used SPSS26 software and applied the statistical method of multivariate covariance analysis along with Tukey's post hoc test at a significance level of 0.05.

Results: The study results indicate that after 12 weeks of basic gymnastics exercises with l-carnitine supplementation, there was a significant increase in cardio-respiratory endurance in all three groups: exercise only, supplement only, and exercise+supplement ($p \leq 0.05$). Furthermore, there was a significant increase in muscle endurance, muscle strength, and flexibility in the exercise and exercise+supplement groups ($p \leq 0.05$). In addition, the amount of total cholesterol in the exercise and exercise+supplement groups has decreased significantly ($p \leq 0.05$). Also, a significant decrease in triglyceride and LDL levels was observed in the exercise, l-carnitine and exercise+supplement groups ($p \leq 0.05$). On the other hand, the amount of

HDL increased significantly in the exercise and exercise+supplement groups ($p \leq 0.05$). Iriyani et al. (2023) conducted a study to examine the effect of gymnastics on changing the nutritional status and physical fitness level of overweight and obese teenagers. Their results showed that gymnastics exercises have a positive effect on the physical fitness of overweight and obese teenagers. Similarly, Aydin et al. (2023) found that artistic gymnastics and trampoline gymnastics exercises have a positive impact on various aspects of physical fitness, including body composition, balance, jumping, abdominal strength, and flexibility in women. Vecchio et al. (2021) conducted a meta-analysis study to determine the correct dosage of L-carnitine supplementation to improve physical performance and evaluate the changes related to its intake. Their findings indicate that L-carnitine supplementation improves body strength, sports endurance, and exercise capacity, and delays the onset of fatigue. Furthermore, Mousazadeh et al. (2023) conducted a meta-analysis study to investigate the effect of L-carnitine supplementation on lipid profile. Their results suggest that L-carnitine supplementation significantly reduces total cholesterol, triglycerides, and LDL-C, while increasing the level of HDL-C. In addition, a review by Liao et al. (2021) reported that carnitine supplementation significantly reduces total cholesterol, low-density lipoprotein-cholesterol, triglyceride, body weight, body mass index, hip circumference, and waist circumference. Various studies have shown that basic gymnastics exercises, with or without supplementary aids; can enhance physical fitness factors in obese female children. Gymnastics involves movements that require cardio-respiratory

endurance, flexibility, muscle strength, agility, explosive power, muscular endurance, and body- muscle coordination. As a result, it's an excellent sport for teaching basic motor skills and promoting health-related fitness in children. Additionally, muscle carnitine can help with energy production, cardiorespiratory fitness, and endurance capacity during physical activity. Hence, L-carnitine can be used as a potential ergogenic supplement due to its role in converting fat into energy. While most studies have reported results consistent with the present study, there were differences in terms of the duration, size, population, and types of diet and exercise interventions used.

Conclusion: The present study found that basic gymnastics exercises with L-carnitine supplementation for 12 weeks resulted in a significant improvement in physical fitness factors related to health in obese female children. The study also showed that a significant decrease in total cholesterol, triglyceride, and LDL, and a significant increase in HDL. The results suggest that implementing both basic gymnastics exercises and L-carnitine supplementation simultaneously is a suitable strategy to improve physical fitness and lipid profile in obese female children. The interaction of these two methods has a greater effect than each of them alone. It is important to consider the limitations of this study when generalizing the results. The study was conducted on obese female children, so caution should be taken in generalizing the results to other genders and conditions. Additionally, while subjects were encouraged to maintain their usual diet and not engage in physical activity outside the study program, the researchers did not have strict control over these factors.

تأثیر ترکیبی تمرینات پایه ژیمناستیک و مصرف مکمل ال کارنیتین بر عوامل جسمانی مرتبط با سلامتی و نیمرخ لیپیدی در کودکان دختر چاق

سهیلا فخریان روغنی^۱، الله یار عرب مومنی^{۲*}

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.
۲. گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد خمینی شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.
* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۳۱۳۵۵۵۹۱۷۱ فاکس: ۰۳۱۳۵۵۵۹۱۷۱ پست الکترونیک: arabmomeni@iaukhsh.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: امروزه چاقی از نگرانی‌های اصلی سلامت در سراسر جهان محسوب می‌شود. از این رو، مطالعه حاضر با هدف تعیین تأثیر تمرینات پایه ژیمناستیک همراه با مصرف مکمل ال کارنیتین بر عوامل جسمانی مرتبط با سلامتی و نیمرخ لیپیدی در کودکان دختر چاق انجام شد.

روش کار: در این مطالعه نیمه تجربی، با طرح پیش آزمون-پس آزمون و گروه دارونما، از بین دانش آموزان دختر چاق شهر اصفهان، ۶۰ نفر با BMI برابر ۳۰/۲۸ کیلوگرم بر متر مربع، به شیوه هدفمند انتخاب و به ۴ گروه (تمرینات پایه ژیمناستیک، مصرف ال کارنیتین، ترکیبی و دارونما) تقسیم شدند. پروتکل تمرینی به مدت ۱۲ هفته و سه جلسه در هفته، هر جلسه ۴۵ دقیقه اجرا شد. همچنین آزمودنی‌های گروه‌های مکمل و ترکیبی، قرص ال کارنیتین با دوز ۲ گرم در روز به مدت ۱۲ هفته استفاده کردند. به منظور تحلیل داده‌ها از روش آماری تحلیل کواریانس چند متغیری و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد.

یافته‌ها: افزایش معناداری در استقامت قلبی-تنفسی، استقامت عضلانی، قدرت عضلانی و انعطاف پذیری در هر دو گروه تمرین پایه ژیمناستیک و ترکیبی مشاهده شد ($p = 0/001$). همچنین کاهش معنادار کلسترول تام، تری گلیسرید، و LDL و افزایش معنادار HDL در گروه‌های تمرینات پایه ژیمناستیک و تمرین+مکمل مشاهده شد ($p \leq 0/002$). ضمن این که، تغییرات ایجاد شده ناشی از گروه ترکیبی بر تمام متغیرها به طور معناداری بیشتر از سایر گروه‌ها بود.

نتیجه گیری: این یافته‌ها بیانگر، آثار سودمند تمرینات پایه ژیمناستیک همراه با مصرف مکمل ال کارنیتین بر عوامل جسمانی مرتبط با سلامتی و نیمرخ لیپیدی در کودکان چاق است. از این رو، استفاده ترکیبی از تمرینات پایه ژیمناستیک و مکمل ال کارنیتین برای بهبود این متغیرها می‌تواند مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: ژیمناستیک، ال کارنیتین، لیپیدها، چاقی، کودکان

پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۳

دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۶

مقدمه

نقاط جهان مانند آسیا، اروپا، استرالیا و آمریکای شمالی گزارش شده است [۱]. بر اساس یک گزارش جدید، بیش از نیمی از جمعیت جهان تا سال ۲۰۳۵ دچار اضافه وزن یا چاقی خواهند شد [۲]. در ایران نیز ۲۸/۶

چاقی از نگرانی‌های اصلی سلامت در سراسر جهان محسوب می‌شود. در سال‌های اخیر چاقی در جوامع مختلف روند رو به رشدی داشته است و در بسیاری از

درصد افراد دارای اضافه‌وزن، ۱۰/۸ درصد افراد چاق و ۳/۴ درصد دارای چاقی مرضی هستند که هم‌چنان این آمار رو به افزایش است [۳]. علاوه‌براین، چاقی در کودکان و نوجوانان نیز در دو دهه آخر قرن بیستم رو به افزایش بوده‌است [۱]. بیان شده‌است که چاقی با عوارض متعددی مانند دیابت نوع ۲، فشار خون بالا، بیماری‌های قلبی عروقی و دیس‌لیپیدمی مرتبط است [۴]. نیم‌رخ لیپیدی شامل؛ لیپوپروتئین با چگالی بالا، لیپوپروتئین با چگالی پایین، کلسترول و تری‌گلیسرید هستند. غلظت HDL^۱ و LDL^۲ و نسبت آنها در پلاسما عوامل اعلام خطر در ابتلا به بیماری‌های قلبی هستند و به‌وسیله آنها می‌توان وقوع بیماری‌های قلبی-عروقی را پیش‌بینی کرد [۵]. اگر رژیم غذایی حاوی درصد بالایی کلسترول و چربی باشد منجر به چاقی می‌شود. عادات غلط مرتبط با سبک زندگی نقش بزرگی در پیدایش این معطل دارد. از این‌رو، اصلاح سبک زندگی به‌ویژه در دوره نوجوانی و شناسایی استراتژی‌های موثری که از اضافه‌وزن و چاقی جلوگیری کند، ضروری است. پژوهشگران معتقدند، بهترین روش برای درمان اضافه‌وزن، چاقی و کاهش لیپوپروتئین‌های مضر خون استفاده از رژیم غذایی مناسب توأم با فعالیت ورزشی است [۶،۷].

از طرف دیگر کم‌تحرکی در کودکان باعث تضعیف آمادگی جسمانی آنها شده‌است و این وضعیت سلامتی کودکان را به خطر انداخته‌است. آمادگی جسمانی مرتبط با سلامت شامل توانایی انجام انواع فعالیت‌های روزمره است و تحت تأثیر سطح فعالیت بدنی و سایر عوامل سبک زندگی قرار می‌گیرد. شرکت منظم کودکان در ورزش‌های با شدت متوسط و بالا، آمادگی جسمانی را افزایش می‌دهد که می‌تواند به مزایای سلامتی زیادی منجر شود. ضمن این‌که سلامتی کودکان با سلامتی و تندرستی در بزرگسالی مرتبط است [۸]. ورزش و فعالیت بدنی یک استراتژی مفید

و قابل اجرا برای پیشگیری و حتی درمان بسیاری از بیماری‌ها و مشکلات جسمی، روحی و روانی مرتبط با چاقی شناخته شده‌است. یکی از رشته‌های ورزشی پرتحرک و بسیار جذاب ورزشی که می‌تواند بر ترکیب بدن، چاقی و بهبود عوامل آمادگی جسمانی موثر باشد، رشته ژیمناستیک است. در ژیمناستیک از حرکاتی که نیازمند استقامت قلبی-تنفسی، انعطاف‌پذیری، قدرت عضلانی، چابکی، توان‌انفجاری، استقامت عضلانی و همچنین حرکاتی که نیازمند هماهنگی عضلات بدن است، استفاده می‌شود [۹]. بنابراین این ورزش یک مکانیسم عالی برای آموزش مهارت‌های حرکتی پایه و ارتقای تناسب اندام مرتبط با سلامت در کودکان است [۱۰]. نتایج مطالعه تراجکویک^۳ و همکاران نشان داد که به دنبال ۱۲ هفته تمرین ژیمناستیک عوامل آمادگی جسمانی مرتبط با سلامتی نوجوانان بهبود قابل‌ملاحظه‌ای پیدا می‌کند. این پژوهشگران شرکت در تمرینات ژیمناستیک را به‌عنوان یک فعالیت بنیادی مثبت برای کودکان در سن مدرسه توصیه نمودند [۱۱]. ایریانی^۴ و همکاران نیز گزارش کردند، تمرینات ژیمناستیک باعث کاهش BMI^۵ و افزایش آمادگی جسمانی کودکان چاق می‌شود [۱۲]. با این وجود، میزان کارایی این نوع تمرینات به‌طور کامل بر شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکردی مشخص نشده‌است. ضمن این‌که، برنامه‌های ورزشی جهت کاهش وزن، بهبود ترکیب بدن و عوامل آمادگی جسمانی کودکان دارای اضافه‌وزن و چاق عمدتاً بر تمرینات هوازی مرتبط با سیستم قلبی-نفسی متمرکز بوده‌است [۱۳]. ولی، به نظر می‌رسد که استفاده از برنامه‌های ورزشی با تمرینات ترکیبی (مقاومتی-استقامتی) مانند ژیمناستیک نیز می‌تواند مفید باشد و از آنجایی که این ورزش شامل حرکات متنوعی است و در بین کودکان علاقمندان

³ Trajković

⁴ Iriyani

⁵ Body Mass Index

¹ High Density Lipoprotein

² Low Density Lipoprotein

چاقی ارائه نمود. با توجه به اهمیت مسئله چاقی در کودکان و محدودیت مطالعات در خصوص تمرینات پایه ژیمناستیک همراه با مصرف مکمل ال کارنیتین در کودکان چاق، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر تمرینات پایه ژیمناستیک همراه با مصرف مکمل ال کارنیتین بر نیم رخ لپیدی و عوامل جسمانی مرتبط با سلامتی کودکان چاق انجام شد.

روش کار

این پژوهش از نوع تحقیقات نیمه تجربی و کاربردی می باشد که به صورت میدانی در سال ۱۴۰۲ انجام شد. جامعه آماری این پژوهش کودکان دختر چاق با دامنه سنی ۷ تا ۱۱ سال و با BMI برابر ۳۰/۲۸ کیلوگرم بر مترمربع، شهر اصفهان بودند که ۶۰ نفر از آنها به شیوه هدفمند انتخاب شدند و به روش تصادفی سیستماتیک به ۴ گروه ۱۵ نفری (تمرین، مکمل، ترکیبی و دارونما) تقسیم شدند. بر اساس نرم افزار جی پاور (Power * G نسخه ۳،۱،۹،۲)، حداقل اندازه نمونه ۵۲ نفر (دوازده نفر در هر گروه) با احتساب آلفای ۵ درصد، بتای ۸۰ درصد و اندازه اثر ۰/۳۰ به دست آمد، ولی با در نظر گرفتن افت نمونه ها در مراحل مختلف پژوهش، تعداد ۱۵ نفر در هر گروه در نظر گرفته شد.

معیارهای ورود شامل؛ داشتن سن بین ۷ تا ۱۱ سال، کودکان دختر چاق، BMI برابر ۳۰/۲۸ کیلوگرم بر متر مربع، نداشتن هیچ گونه تمرینی با تأکید بر کاهش وزن در طول یک سال گذشته، عدم مصرف هر گونه دارو و مکمل، عدم استعمال دخانیات، نداشتن سابقه بیماری و عفونت اثر گذار بر فاکتورهای ایمنی، نداشتن آسیب حاد در اندام تحتانی در طول ۶ ماه گذشته و نداشتن درد در قسمت تنه و اندام تحتانی و معیارهای خروج شامل؛ غیبت دو جلسه پیاپی در جلسات تمرینی، عدم همکاری مناسب برای انجام مداخله و آسیب دیدگی بود.

فراوانی دارد، استمرار فعالیت ورزشی نسبت به تمرینات جسمانی صرف بیشتر خواهد بود.

از سوی دیگر، به همراه فعالیت های ورزشی، تجویز برخی از مکمل ها در جهت کنترل بیشتر اضافه وزن و چاقی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است [۱۴]. یکی از معروف ترین مکمل های مورد استفاده جهت کاهش وزن ایده آل، ال کارنیتین^۱ می باشد. ال کارنیتین یا اسید ال-ب-هیدروکسی-N-C-تری متیل آمینو بوتیریک می تواند در کبد و کلیه سنتز شود و یا از طریق مصرف غذا وارد بدن شود. این مکمل نقش اساسی در متابولیسم لیپیدها از طریق انتقال اسیدهای چرب با زنجیره بلند به میتوکندری که آنزیم های اکسیداسیون بتا در آن قرار دارند، ایفا می کند [۱۵]. همچنین ال-کارنیتین از طریق مکانیسم های مختلف باعث کاهش وزن و بهبود مقاومت به انسولین می شود و ممکن است از طریق تأثیر مستقیم بر هیپوتالاموس باعث کاهش اشتها شود [۱۶]. در یک مطالعه متاآنالیز پویندجو^۲ و همکاران نشان دادند که مکمل ال کارنیتین به طور قابل توجهی وزن بدن و BMI را در مقایسه با گروه کنترل کاهش می دهد [۱۷]. با این وجود، دل وکیو^۳ و همکاران برای شناخت آثار این مکمل مطالعات انجام شده را کافی نمی دانند [۱۸]. براد^۴ و همکاران هم گزارش کردند که مکمل درمانی ۲ گرم ال کارنیتین در روز به مدت دو هفته بر اکسیداسیون چربی در طول ورزش متوسط تا شدید تأثیری ندارد. بنابراین برای روشن تر شدن اثر این مکمل بر چاقی تحقیقاتی بیشتر ضروری است [۱۹].

با توجه به نتایج مطالعات گذشته، به نظر می رسد، ترکیب مصرف ال کارنیتین همراه با فعالیت های ورزشی مانند، تمرینات پایه ژیمناستیک که برای کودکان مناسب و کاربردی است، می توان روش مطمئن تر و اثر گذاری را برای پیشگیری و درمان

¹ L-Carnitine

² Pooyandjoo

³ Del Vecchio

⁴ Broad

یک هفته قبل از شروع پروتکل تمرینی و مداخله مصرف مکمل، در یک جلسه توجیهی کلیه برنامه‌ها، مزایا و خطرات احتمالی، شیوه صحیح اجرای تمرینات پایه‌ژیمناستیک و مصرف ال‌کارنیتین برای شرکت‌کنندگان توضیح داده شد. هم‌چنین با توجه به مداخله تمرینی در این پژوهش و جلوگیری از اثرات تداخلی با داروها از آزمودنی‌ها درخواست شد که در طول مطالعه از مصرف هر نوع دارو به‌خصوص داروهای کاهش دهنده فشارخون، اجتناب نمایند و در صورت مصرف گزارش کنند. قابل ذکر است که در جریان اجرای پژوهش کلیه آزمودنی‌ها تحت نظر پزشک کنترل شدند تا از بروز هر نوع خطر احتمالی جلوگیری شود. علاوه‌بر این، در این جلسه به آزمودنی‌ها اطمینان خاطر داده شد که اطلاعات شخصی آن‌ها در نزد پژوهشگران به‌صورت محرمانه حفظ شده و در نهایت به‌صورت کلی گزارش می‌شود و به آنان این اختیار نیز داده شد که در هر مرحله از تمرین، در صورت عدم تمایل به ادامه همکاری می‌توانند، انصراف دهند. هم‌چنین در پایان این جلسه به همه آزمودنی‌ها فرم‌های مربوطه داده شد تا به‌صورت آگاهانه و داوطلبانه آمادگی خود را برای شرکت در مطالعه اعلام کنند. لازم به ذکر است که کلیه مراحل تحقیق توسط کمیته اخلاق دانشگاه با شناسه اخلاق IR.IAU.KHSH.REC.1402.093 مورد تایید قرار گرفت. پس از تکمیل پرسش‌نامه سلامت عمومی و آمادگی شرکت در فعالیت بدنی و فرم رضایت کتبی همراه با تعهدات اخلاقی متقابل آزمودنی‌ها و محقق و با توجه به شرایط گزینش داوطلبان که خود شامل رعایت رژیم غذایی، عدم مصرف هر گونه دارو و مکمل، عدم استعمال دخانیات و نداشتن سابقه بیماری بود، آزمودنی‌ها به ۴ گروه؛ تمرینات پایه‌ژیمناستیک، مصرف مکمل ال‌کارنیتین، ترکیبی (تمرین + مکمل) و دارنما تقسیم شدند. پروتکل تمرینی به مدت ۱۲ هفته و سه جلسه در هفته اجرا شد. هم‌چنین مصرف مکمل ال‌کارنیتین با دوز ۲

گرم در روز به مدت ۱۲ هفته بر اساس برنامه مشخص انجام شد. گروه دارونما نیز روزانه ۲۰۰ میلی‌گرم نشاسته در دو نوبت صبح و عصر همراه با آب دریافت نمود. به‌علاوه اندازه‌گیری شاخص‌های نیم‌رخ لیپیدی و عوامل آمادگی جسمانی در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام شد.

روش خون‌گیری

به منظور ارزیابی متغیرهای بیوشیمیایی، نمونه‌های خونی آزمودنی‌ها در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون (پس از ۱۲ هفته تمرین) جمع‌آوری شد؛ به‌طوری که در مرحله پیش‌آزمون یک روز قبل از شروع برنامه تمرینی و پس از ۱۲ ساعت ناشتایی، نمونه خونی در فاصله زمانی ۸ الی ۱۰ صبح توسط تکنسین آزمایشگاهی و با رعایت نکات استریل از ورید آنتی‌کوبیتال دست چپ آزمودنی‌ها در حالت نشسته، با حجم ۱۰ سی‌سی گرفته شد. هم‌چنین در مرحله پس‌آزمون نیز جهت جلوگیری از تأثیر حاد تمرین بر متغیرهای مورد مطالعه پس از گذشت ۲۴ ساعت از آخرین جلسه تمرینی مانند مرحله پیش‌آزمون بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی در همان بازه زمانی ۸ الی ۱۰ صبح خون‌گیری انجام شد.

روش اندازه‌گیری متغیرهای مطالعه

روش اندازه‌گیری قد، وزن و BMI: برای اندازه‌گیری قد از قدسنج آلمانی، SECA model 210 با دقت ۳ میلی‌متر استفاده شد. بدین‌صورت که آزمودنی با پای برهنه پشت به نوار قدسنجی که به دیوار چسبانده شده بود، طوری قرار گرفتند که اولاً وزن بدنش به‌طور مساوی روی دو پا تقسیم شود، ثانیاً سر و تنه و پاها در یک راستا قرار گیرد و پشت پاها، باسن و سر فرد دیوار را لمس کند. سپس با استفاده از خط‌کش که روی سر آزمودنی قرار داده می‌شود، در حالت بازدم، قد فرد بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری و ثبت گردید. به‌علاوه، برای اندازه‌گیری وزن از ترازوی دیجیتال، KEEP FIT model 6657 ساخت کشور چین استفاده شد. آزمودنی‌ها با لباس سبک و بدون

روش اندازه‌گیری نیم‌رخ لیپیدی: کلسترول تام ناشتا، لیپوپروتئین پرچگال، لیپوپروتئین کم‌چگال و تری‌گلیسیرید با روش رنگ سنجی آنزیمی با استفاده از کیست Roche Diagnostics D2400 (بازل، سوئیس) اندازه‌گیری شد [۲۲].

پروتکل تمرینی

در پژوهش حاضر هر دو گروه فعال مطالعه پروتکل تمرینی را به مدت ۱۲ هفته و هر هفته ۳ جلسه به مدت ۴۵ دقیقه اجرا کردند. این برنامه با تقسیم حرکات پایه ژیمناستیک به ۳ بخش جابجایی، چرخش و تعادل و با رعایت ترتیب سختی وسایل و اصل اضافه بار انجام شد [۲۳] (جدول ۱). برنامه با حدود ۷ دقیقه گرم کردن شروع و ۶ دقیقه سرد کردن با حرکات کششی و سبک به پایان رسید. تمام تمرینات با نظارت مربی انجام شد تا اطمینان حاصل شود که همه‌ی حرکات ورزشی با دقت انجام می‌شود. شدت تمرینات بر اساس ضربان قلب آزمودنی‌ها از رابطه ضربان قلب پیش‌بین و معادله کارونن برابر ۵۰ تا ۷۵ درصد ضربان قلب ذخیره برآورد شد. شدت تمرینات پیوسته از طریق ضربان‌سنج پولار (Polar beat T31, N2965, CE 0537، ساخت فنلاند) در دامنه مذکور کنترل می‌گردید و در صورت نیاز به افزایش یا کاهش شدت تمرینات بازخوردهای لازم به آزمودنی‌ها داده می‌شد.

کفش روی ترازوی پزشکی طوری قرار گرفتند که وزن‌شان روی هر دو پا تقسیم شود. سپس وزن بدن فرد با دقت ۰/۱ کیلوگرم ثبت شد. هم‌چنین شاخص توده بدنی (BMI) آزمودنی‌ها براساس اندازه‌گیری‌های قد و وزن انجام گرفت و برای محاسبه BMI از فرمول $BMI = kg/m^2$ (وزن به کیلوگرم تقسیم بر توان دوم قد به متر) استفاده گردید. BMI در دامنه ۳۰-۳۵ کیلوگرم بر متر مربع به عنوان معیار چاقی در نظر گرفته شد [۲۰].

روش اندازه‌گیری عوامل جسمانی مرتبط با سلامتی:

در این مطالعه، مجموعه آزمون‌های مؤسسه ایفرد، انجمن بهداشت، تربیت بدنی، تفریحات سالم و بازی‌های ریتیک آمریکا برای اندازه‌گیری عوامل آمادگی جسمانی مرتبط با سلامتی مورد استفاده قرار گرفت. این آزمون‌ها از روایی و اعتبار بالایی برخوردار هستند و در مطالعات مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۲۱].

آزمون دوی ۵۴۰ متر برای اندازه‌گیری آمادگی قلبی تنفسی استفاده شد. استقامت عضلانی نیز با استفاده از آزمون دراز و نشست اندازه‌گیری گردید. هم‌چنین آزمون پرش جفت برای اندازه‌گیری میزان قدرت عضلانی و آزمون نشستن و کشیدن دست‌ها به وسیله جعبه انعطاف‌پذیری برای برآورد میزان انعطاف‌پذیری آزمودنی‌ها استفاده شد.

جدول ۱. پروتکل تمرینات پایه ژیمناستیک

تمرینات	زمان و تکرار	سطح پیشرفت	روش اجرا	جلسات
گرم کردن	۱۵ دقیقه	-	-	۱-۳۶
تعادل جلو	۱۰-۱۵ ثانیه، ۳ تکرار	زمین، خط و موازنه آموزشی	پای راست، پای چپ	جلسه ۱-۱۸ زمین و خط، جلسه ۱۸-۳۶ خط و موازنه آموزشی
تعادل پهلو	۱۰-۱۵ ثانیه، ۳ تکرار	زمین، خط و موازنه آموزشی	پای راست، پای چپ	جلسه ۱-۱۸ زمین و خط، جلسه ۱۸-۳۶ خط و موازنه آموزشی
تعادل آرابسک	۱۰-۱۵ ثانیه، ۳ تکرار	زمین، خط و موازنه آموزشی	پای راست، پای چپ	جلسه ۱-۱۸ زمین و خط، جلسه ۱۸-۳۶ خط و موازنه آموزشی
راه رفتن روی خط، راه رفتن روی موازنه	۲ دور	راه رفتن به جلو، عقب و پهلو	راه رفتن، راه رفتن روی پنجه	جلسه ۱-۱۸
آموزشی	۳ دور	راه رفتن به جلو، عقب و پهلو	راه رفتن، راه رفتن روی پنجه	جلسه ۱۸-۳۶
گهواره	۱۰ تکرار	گهواره پا جمع، یک پا باز، پا صاف	با کمک دست، بدون کمک دست	جلسه ۱-۱۸

جلسه ۱۸-۱۸	پای راست، پای چپ	لیلی، راه رفتن خرس، فک آبی، خرچنگ، خرگوش جفت پا، خرگوش یک پا	۲-۳ مرتبه مسیر متوسط (اضافه بار افزایش مسیر)	انواع راه رفتن
جلسه ۱۸-۳۶	پرش و نشان دادن فرود	پرش به جلو، پرش به پهلو، پرش به عقب	۲-۳ مرتبه مسیر متوسط	پرش
جلسه ۱۸-۳۶	روی سطح شیبدار، روی زمین	غلط پا جمع، یک پا، پا باز، پا صاف	۱۰ تکرار	غلطیدن به جلو

مداخله مکمل ال کارنیتین

ال کارنیتین محصول شرکت جنسان^۱ ساخت کشور ایتالیا به صورت قرص از شرکت پخش دارویی بهستان تهیه گردید. به آزمودنی‌های گروه‌های مکمل و ترکیبی، قرص ال-کارنیتین با دوز ۲ گرم در روز (یک قرص به دو قسمت تقسیم و صبح و بعدالظهر مصرف شد) به مدت ۱۲ هفته داده شد. دلیل استفاده از این دوز، ناشی از کاربرد مصرف این مکمل در مطالعات گذشته بود که بدون عوارض قابل توجهی با دوز ۳-۲/۱ گرم در روز استفاده کرده بودند [۲۴،۲۵]. آزمودنی‌های گروه تمرین+ مکمل در روزهای تمرین (روزهای زوج هفته)، ۹۰ دقیقه قبل از شروع برنامه تمرینی، ال کارنیتین مصرف کردند. در سایر روزها نیز طی ساعات مشابه و به همان میزان مکمل ال کارنیتین دریافت نمودند. گروه دارونما نیز ۲۰۰ میلی گرم نشاسته در دو نوبت صبح و عصر همراه با آب دریافت نمود [۲۴،۲۵].

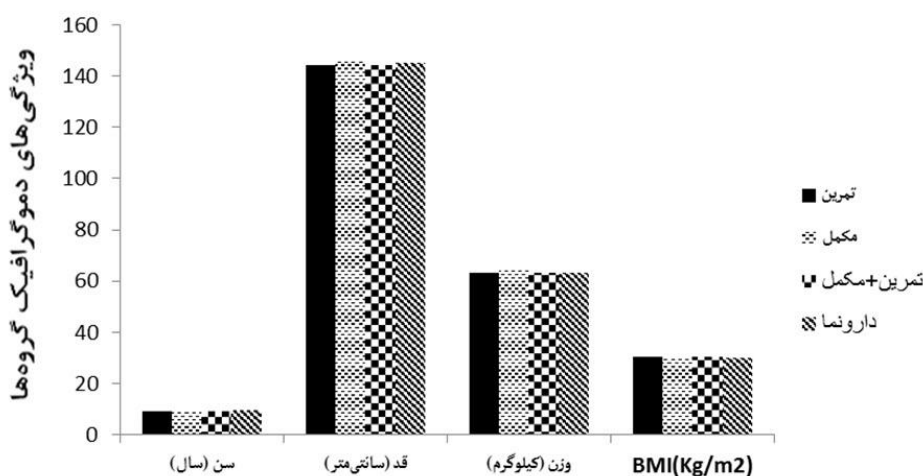
تجزیه و تحلیل آماری

به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات، از روش‌های آمار توصیفی برای محاسبه شاخص‌های مرکزی و پراکندگی استفاده گردید و داده‌ها بر اساس میانگین و انحراف معیار گزارش شدند. از آزمون شاپیروویلیک برای بررسی نرمال بودن داده‌ها و از آزمون لوین برای بررسی برابری واریانس متغیرها استفاده شد. علاوه بر این، جهت آزمون معناداری تفاوت‌های میانگین گروه‌ها (پیش آزمون و پس آزمون) از روش آماری تجزیه و تحلیل کواریانس چند متغیری و آزمون تعقیبی توکی با استفاده از نرم افزار SPSS-26 در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار شاخص‌های سن، قد، وزن و توده بدن آزمودنی‌ها در گروه‌های مختلف در نمودار ۱ ارائه شده است.

^۱ Gensan



نمودار ۱. مقایسه میانگین نمرات مربوط به سن، قد، وزن و BMI گروه‌های مختلف

جدول ۲. تغییرات بین گروهی و درون گروهی عوامل آمادگی جسمانی مرتبط با سلامتی در کودکان چاق [استقامت قلبی- تنفسی (آزمون دوی ۵۴۰ متر بر ثانیه)، استقامت عضلانی (تعداد دراز و نشست بر دقیقه)، قدرت عضلانی (آزمون پرش جفت بر سانتی متر)، انعطاف پذیری (آزمون نشستن و رسیدن بر سانتی متر)]

متغیر	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	تفاوت‌های درون گروهی		تفاوت‌های بین گروهی (کوواریانس)	
				T	p	F	P
استقامت قلبی- تنفسی	تمرینات پایه ژیمناستیک	۲۷۵/۲۷±۸۴/۲۲	۲۵۱/۴۱±۳۵/۱۲	۹/۱۷	۰/۰۰۱ ^Δ	۱۶/۸۶	۰/۰۰۱*
	مصرف ال کارنینین	۲۹۴/۹±۶۷/۴۲	۲۷۲/۳±۲۹/۱۲	۷/۱۲	۰/۰۱۴ ^Δ		
	تمرین+مکمل	۲۸۶/۲۹±۱۰۱/۸	۲۵۴/۱۴±۹۲/۵۲	۸/۱۹	۰/۰۰۱ ^Δ		
استقامت عضلانی	دارونما	۳۰۱/۹۱±۸۸/۲۵	۲۹۸/۸۲±۸۹/۱۸	۹/۱۴	۰/۳۹	۳۴/۵۲	۰/۰۰۱*
	تمرینات پایه ژیمناستیک	۱۰/۶±۲/۸	۱۵/۴±۳/۴	۵/۱۸	۰/۰۰۱ ^Δ		
	مصرف ال کارنینین	۱۰/۱±۱/۳	۱۲/۲±۱/۴	۳/۵۴	۰/۱۴		
قدرت عضلانی	تمرین+مکمل	۹/۸±۲/۳۰	۱۸/۲±۲/۱۵	۶/۱۴	۰/۰۰۱ ^Δ	۳۱/۴۸	۰/۰۰۱*
	دارونما	۱۰/۳±۳/۱	۱۰/۹±۲/۴	۰/۲۸	۰/۳۹		
	تمرینات پایه ژیمناستیک	۹۲/۲±۱۱/۷۳	۱۰۲/۴±۳/۴	۳/۹۸	۰/۰۰۱ ^Δ		
انعطاف پذیری	مصرف ال کارنینین	۹۳/۴±۱۵/۶	۹۷/۲±۲۱/۴	۴/۸۹	۰/۲۶۱	۲۹/۱۲	۰/۰۰۱*
	تمرین+مکمل	۹۲/۶±۱۴/۵	۱۰۷/۲±۱۸/۱۵	۲/۷۹	۰/۰۰۱ ^Δ		
	دارونما	۹۲/۸±۱۳/۱	۹۳/۹±۱۱/۴	۰/۳۴	۰/۴۹		
انعطاف پذیری	تمرینات پایه ژیمناستیک	۳۰/۸ ± ۲/۱۲	۳۵/۴±۲/۴	۳/۵۴	۰/۰۰۱ ^Δ	۲۹/۱۲	۰/۰۰۱*
	مصرف ال کارنینین	۲۹/۹ ± ۱۱/۳	۳۰/۲±۱۷/۸	۶/۴۷	۰/۶۸		
	تمرین+مکمل	۳۱/۰ ± ۷/۶	۳۸/۲±۱۸/۱۵	۲/۹۲	۰/۰۰۱ ^Δ		
دارونما	۲۹/۸±۹/۵	۳۰/۳±۱۶/۲	۰/۴۶	۰/۳۸			

Δ: تفاوت‌های معنادار از پیش آزمون به پس آزمون: * تفاوت معنادار بین چهار گروه

جدول ۲ نشان می‌دهد که پس از اجرای مداخله، استقامت قلبی- تنفسی در گروه‌های تمرین، مکمل و تمرین+ مکمل افزایش معناداری یافته است ($p \leq 0.05$). علاوه بر این، افزایش معناداری در استقامت عضلانی، قدرت عضلانی و میزان انعطاف پذیری در گروه‌های تمرین و تمرین+ مکمل مشاهده می‌شود ($p \leq 0.05$).

جدول ۳. تغییرات بین گروهی و درون گروهی نیم رخ لیپیدی در کودکان چاق

متغیر	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	تفاوت‌های درون گروهی		تفاوت‌های بین گروهی (کوواریانس)	
				T	P	F	P
کلسترول تام (mg/dl)	تمرینات پایه ژیمناستیک	۱۷۲/۴۵±۱۵/۲۱	۱۵۸/۲۵±۲/۴	-۴/۱۴	۰/۰۰۱ ^Δ	۳۱/۲۹	۰/۰۰۱*
	مصرف ال کارنینین	۱۷۵/۲۳±۵/۱۲	۱۷۰/۲±۱۵/۶	-۵/۷۱	۰/۲۱		
	تمرین+مکمل	۱۷۱/۱۴±۱/۴۲	۱۴۹/۳±۱۲/۳۹	-۳/۴۲	۰/۰۰۱ ^Δ		
تری گلیسیرید (mg/dl)	دارونما	۱۷۴/۷۹±۳/۵۶	۱۷۲/۳±۱۸/۶	۰/۳۲	۰/۴۹	۱۹/۳۹	۰/۰۰۱*
	تمرینات پایه ژیمناستیک	۱۱۵/۱۶±۲/۸۴	۱۰۶/۰۷±۳/۱	-۴/۰۱	۰/۰۱۲ ^Δ		
	مصرف ال کارنینین	۱۱۰/۵۶±۱/۳۴	۱۰۳/۹۵±۱۶/۱	-۵/۹۳	۰/۰۰۲ ^Δ		

				۹۹/۱۶±۱۲/۲۸	۱۱۲/۱۸±۲/۳۰	تمرین+مکمل	
				۱۰۷/۸۹±۱۹/۲	۱۰۸/۹۹±۲/۷۴	دارونما	
				۹۷/۷±۳/۰	۱۰۵/۲۰±۱/۷۳	تمرینات پایه ژیمناستیک	
۰/۶۵	۰/۰۰۱*	۳۲/۰۲	۰/۰۰۲ ^Δ	۹۷/۱۳±۲/۱	۱۰۲/۵۲±۱/۲	مصرف ال کارنیتین	LDL (mg/dl)
				۹۲/۲۳±۴/۹۴	۱۰۴/۲۳±۴/۵	تمرین+مکمل	
				۱۰۵/۰۱±۲۱/۴	۱۰۴/۲±۳/۱۲	دارونما	
				۴۶/۹±۳/۰	۴۴/۳ ± ۲/۱۷	تمرینات پایه ژیمناستیک	
۰/۵۱	۰/۰۰۱*	۱۴/۳۰	۰/۰۰۱ ^Δ	۴۳/۷۹±۲/۱	۴۲/۹ ± ۱۱/۳	مصرف ال کارنیتین	HDL (mg/dl)
				۴۸/۰۸±۴/۹۴	۴۳/۲۸ ± ۷/۶	تمرین+مکمل	
				۴۳/۰۱±۲۱/۴	۴۳/۸۲ ± ۹/۵	دارونما	

Δ: تفاوت‌های معنادار از پیش آزمون به پس آزمون؛ * تفاوت معنادار بین چهار گروه

جدول ۳ نشان می‌دهد که پس از اجرای مداخله، میزان کلسترول تام در گروه‌های تمرین و تمرین+مکمل کاهش معناداری یافته است ($p \leq 0/05$). به علاوه، کاهش معنادار میزان تری گلیسیرید و LDL در گروه‌های تمرین، مصرف ال کارنیتین و تمرین+مکمل مشاهده می‌شود ($p \leq 0/05$). با این حال، میزان HDL در گروه‌های تمرین، و تمرین+مکمل افزایش معناداری یافته است ($p \leq 0/05$).

بحث

نتایج مطالعه حاضر، نشان داد که به دنبال ۱۲ هفته تمرینات پایه ژیمناستیک همراه با مصرف مکمل ال کارنیتین؛ استقامت قلبی-تنفسی، استقامت عضلانی، قدرت عضلانی و میزان انعطاف پذیری در کودکان چاق بهبود معناداری می‌یابد.

همسو با این یافته‌ها، ایریانی و همکاران در مطالعه‌ای با بررسی تأثیر ژیمناستیک بر تغییر وضعیت تغذیه و سطح آمادگی جسمانی نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق، گزارش کردند که تمرینات ژیمناستیک بر آمادگی جسمانی نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق تأثیر گذار است [۱۲]. آیدین^۱ و همکاران هم در پژوهشی با تأثیر مثبت تمرینات ژیمناستیک هنری و ژیمناستیک ترامپولین بر ترکیب بدن، تعادل، پرش،

قدرت شکم و انعطاف‌پذیری در زنان، نشان دادند [۲۱]. به‌علاوه، وکیو^۲ و همکاران در یک مطالعه متاآنالیز با هدف شناسایی دوز صحیح مکمل برای دستیابی به بهبود عملکرد فیزیکی و ارزیابی تغییرات مربوط به مکمل ال کارنیتین، عنوان کردند که مکمل ال کارنیتین قدرت بدن، استقامت ورزشی و ظرفیت ورزش را بهبود می‌بخشد و شروع خستگی را به تأخیر می‌اندازد [۲۶]. همسو با این مطالعات، میلگو-آیوسو^۳ و همکاران در یک مطالعه متاآنالیز با بررسی تعیین تأثیر مکمل ال کارنیتین خوراکی بر عملکرد ورزشی شدید و متوسط، نشان دادند که مکمل ال کارنیتین هم به صورت حاد و هم مزمن می‌تواند اثرات مثبتی بر نتایج تمرین با شدت بالا ($VO_2 \max$ /%۸۰) داشته باشد [۲۷]. در مطالعه‌ای دیگر، رضایی و همکاران ضمن بررسی تأثیر تمرینات پایه ژیمناستیک بر رشد مهارت‌های حرکتی کودکان دبستانی ۷ تا ۱۰ ساله، نشان دادند که تمرینات پایه ژیمناستیک بر بهبود سرعت دویدن و چابکی، تعادل، هماهنگی دو طرفه، قدرت، سرعت پاسخ کودکان، هماهنگی اندام فوقانی، کنترل بینایی و سرعت چالاکی کودکان دبستانی تأثیر معناداری دارد [۲۸]. صالح و همکاران هم در مطالعه‌ای با بررسی و مقایسه تأثیر تمرینات بی‌هوازی

² Vecchio

³ Mielgo-Ayuso

¹ Aydın

ژیمناستیک بر تعادل ایستا و پویا و ترکیب بدنی در پسران چاق و با وزن طبیعی، گزارش کردند که تعادل ایستا، پویا و حداکثر اکسیژن مصرفی پس از ۸ هفته تمرینات بی‌هوازی ژیمناستیک در هر دو گروه کودکان چاق و با وزن طبیعی بهبود یافت [۲۹]. اضافه‌بر این، کوزه‌چیان^۱ و همکاران نیز در مطالعه‌ای با بررسی تأثیر ۹ هفته مکمل ال‌کارنیتین بر عملکرد ورزشی، قدرت بی‌هوازی و استرس اکسیداتیو ناشی از تمرین مقاومتی، گزارش کردند که میزان پرس‌سینه در هفته ۶ و هفته ۹ افزایش معناداری یافت. روند مشابهی هم برای پرس پا مشاهده شد. در گروه ال‌کارنیتین، در هفته نهم، افزایش قابل‌توجهی در میانگین توان و حداکثر توان، کاهش سطح لاکتات خون پس از تمرین، و تغییرات مفید در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل مشاهده شد [۳۰]. تراچکویک و همکاران نیز با تأیید نتایج فوق، در مطالعه‌ای با هدف تعیین تأثیر برنامه ژیمناستیک در مدرسه بر آمادگی جسمانی مرتبط با سلامت، افزایش متوسط اولیه و بعد پویا در آمادگی جسمانی شرکت‌کنندگان و بهبود همه متغیرهای جسمانی ارزیابی شده، را گزارش کردند [۱۱]. بر اساس نتایج مطالعات عنوان‌شده، تمرینات پایه‌ژیمناستیک همراه و یا بدون مصرف مکمل باعث بهبود عوامل آمادگی جسمانی در کودکان چاق می‌شوند. در ورزش ژیمناستیک از حرکاتی که نیازمند استقامت قلبی-تنفسی، انعطاف‌پذیری، قدرت عضلانی، چابکی، توان انفجاری، استقامت عضلانی و همچنین حرکاتی که نیازمند هماهنگی عضلات بدن است، استفاده می‌شود [۹]. از این رو، این ورزش یک مکانیسم عالی برای آموزش مهارت‌های حرکتی پایه و ارتقای تناسب اندام مرتبط با سلامت کودکان به وجود می‌آورد. در همین زمینه گزارش شده‌است که به دنبال ۱۲ هفته تمرین ژیمناستیک عوامل آمادگی جسمانی مرتبط با سلامتی نوجوانان بهبود

¹ Koozehchian

قابل‌ملاحظه‌ای پیدا می‌کند [۱۰]. با این وجود، در مطالعه‌ای دیگر، گزارش شد که پروپیونیل-ال-کارنیتین (۱ گرم در روز یا ۳ گرم در روز) باعث افزایش عملکرد ورزشی هوازی یا بی‌هوازی نمی‌شود. هم‌چنین گزارش شده‌است مصرف مکمل ال-کارنیتین در زمان رسیدن به آستانه بی‌هوازی و بهبود عملکرد ورزشی تأثیری ندارد [۳۱]. با این حال، کارنیتین عضلانی می‌تواند به تولید انرژی، آمادگی قلبی تنفسی و ظرفیت استقامت در طول فعالیت بدنی کمک کند [۳۲]. از این رو، ال‌کارنیتین به دلیل عملکردی که در تبدیل چربی به انرژی دارد، به‌عنوان یک مکمل ارگوژنیک بالقوه قابل استفاده‌است. به نظر می‌رسد، مکمل ال‌کارنیتین عملکرد ورزشی را با تغییرات قابل‌توجه در اسیدهای چرب آزاد، تری‌گلیسرول، و اسید لاکتیک افزایش می‌دهد [۳۳]. این عمل در فعالیت‌های با شدت بالا از طریق افزایش VO_2 ، کاهش لاکتات و پیرووات پلاسما و در تمرینات استقامتی با جلوگیری از افزایش لاکتات خون و استرس اکسیداتیو انجام می‌شود [۳۰]. به‌علاوه، ال‌کارنیتین آنزیم کلیدی بی‌هوازی فسفوفروکتوکیناز را مهار می‌کند و باعث کاهش سرعت گلیکولیز می‌شود [۳۴]. در مجموع بیشتر مطالعات هم‌سو با نتایج مطالعه حاضر، نشان دادند که مکمل ال‌کارنیتین قدرت بدن، استقامت ورزشی و ظرفیت ورزش را بهبود می‌بخشد و شروع خستگی را به تأخیر می‌اندازد. دیگر نتایج این مطالعه، کاهش کلسترول تام، تری‌گلیسرید، LDL و افزایش معنادار HDL را در گروه‌های تمرینات پایه‌ژیمناستیک، تمرین + مصرف مکمل ال‌کارنیتین و مصرف مکمل ال‌کارنیتین نشان داد. مطالعات گذشته که با هدف بررسی تأثیر تمرینات ورزشی و مکمل‌های گیاهی بر روی لیپیدهای خون انجام شده‌است، نتایج ضد و نقیض را گزارش کرده‌اند. علیرغم این مسئله، اکثر اطلاعات منتشر شده، نشان می‌دهد که بین وضعیت نیم‌رخ لیپیدی، میزان و نوع فعالیت بدنی، رژیم غذایی و مکمل‌های

سالم ارتباط نزدیکی وجود دارد. همسو با نتایج مطالعه حاضر، موسی‌زاده^۱ و همکاران در مطالعه‌ای متاآنالیز با عنوان تاثیر مکمل ال-کارنیتین بر پروفایل لیپیدی، نشان دادند که مکمل ال-کارنیتین به‌طور قابل‌توجهی کلسترول تام، تری‌گلیسیرید و LDL-C را کاهش و سطح HDL-C را افزایش می‌دهد [۳۵]. شکیب و همکاران هم در مطالعه‌ای با بررسی تغییرات miR-128-1 و برخی لیپوپروتئین‌های خون متعاقب ۱۲ هفته تمرینات همزمان هوازی و قدرتی، کاهش معنی‌داری شاخص‌های miR-128-1، LDL-C، تری‌گلیسیرید و کلسترول را گزارش کردند [۳۶]. لیائو^۲ و همکاران نیز در مطالعه مروری دیگر، گزارش کردند که مکمل‌های کارنیتین به‌طور قابل‌توجهی کلسترول تام، لیپوپروتئین-کلسترول با چگالی کم، تری‌گلیسیرید، وزن بدن، شاخص توده بدن، دور باسن و دور کمر را کاهش می‌دهد. علاوه‌بر این، مداخله کارنیتین سطح HDL-C را نیز بهبود می‌بخشد [۱۴]. اضافه‌براین، رضانی و همکاران در پژوهشی به بررسی تغییرات عوامل خطر متابولیک قلبی-عروقی متعاقب هشت هفته تمرین‌های استقامتی، مقاومتی و ترکیبی در کودکان چاق غیرفعال پرداختند. یافته‌ها نشان داد، پس از اجرای تمرین‌های ورزشی کاهش BMI، کلسترول تام، تری‌گلیسیرید، LDL و VLDL و مقاومت انسولینی در گروه‌های تجربی اتفاق افتاد [۳۷]. علاوه‌براین، حکیمی و همکاران هم در پژوهشی با بررسی تاثیر ۸ هفته تمرینات ترکیبی مقاومتی و استقامتی همراه با مصرف مکمل ال کارنیتین بر تغییرات هورمونی، نیم‌رخ لیپیدی، کاهش معناداری در وزن بدن، توده چربی، درصد چربی، کلسترول، TG، LDL-C و افزایش معنادار در HDL-C مشاهده کردند [۳۸]. با این وجود، جلالی و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای گزارش کردند، اگر چه تمرین هوازی و مکمل ال کارنیتین موجب افزایش

HDL-C و کاهش آماری معنی‌دار کلسترول تام، VLDL و درصد چربی بدن می‌شود، ولی بر نمایه توده بدن، LDL و TG اثری ندارد [۳۹]. اگرچه بیشتر مطالعات نتایج همسو با یافته‌های مطالعه حاضر را گزارش کرده‌اند، اما با توجه به مدت زمان، اندازه، جمعیت و انواع رژیم غذایی و مداخلات ورزشی مورد استفاده تفاوت‌هایی وجود داشت. عوامل زیادی مانند؛ زمان‌های مختلف تمرین، شدت تمرین و مدت تمرین منجر به نتایج متفاوتی در مورد تأثیر ورزش بر سطوح لیپوپروتئین‌ها می‌شود. با این وجود، اگرچه مکانیسم تغییرات لیپوپروتئین‌ها ناشی از ورزش نامشخص است، اما احتمالاً ورزش مصرف چربی خون را افزایش می‌دهد و در نتیجه سطح لیپیدها کاهش می‌یابند. نتایج بسیاری از مطالعات حاکی از تأثیر مفید ورزش بر سطوح لیپوپروتئین‌ها است. مشخص شده‌است که فعالیت بدنی معمولاً با افزایش کلسترول HDL و کاهش کلسترول LDL و تری‌گلیسیرید مرتبط است. ورزش، جدا از ایجاد تغییرات کمی در لیپیدهای سرم، تأثیر مفیدی بر رشد ذرات HDL، ترکیب و عملکرد آنها دارد. به‌علاوه، ورزش منظم با افزایش HDL-C و apoA-I سرم، افزایش کیفیت و عملکرد HDL، و افزایش محتوای توتال کلسترول، توانایی‌های آنتی‌اکسیدانی را افزایش و با کاهش TG و محمولات اکسید شده در LDL و HDL، لیپوپروتئین‌ها، خواص ضد آتروژنیک بیشتری را باعث می‌شود [۴۰].

این مطالعه دارای محدودیت‌هایی نیز بود که در تعمیم نتایج باید به آن توجه شود. پژوهش حاضر روی کودکان دختر چاق انجام شد، بنابراین در تعمیم نتایج آن به جنسیت و شرایط دیگر باید احتیاط نمود. ضمن این که اگر چه به آزمودنی‌ها اکیدا توصیه شد که رژیم غذایی معمول خود را حفظ کنند و فعالیت بدنی خارج از برنامه مطالعه نداشته باشند، ولی محقق کنترل دقیقی بر این موارد نداشت.

¹ Musazadeh

² Liao

نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر، بهبود معنادار عوامل آمادگی جسمانی مرتبط با سلامتی را به دنبال ۱۲ هفته تمرینات پایه ژیمناستیک همراه با مصرف مکمل ال کارنیتین نشان داد. هم‌چنین کاهش معنادار کلسترول تام، تری گلیسرید، و LDL و افزایش معنادار HDL مشاهده شد. در مجموع یافته‌های این مطالعه نشان داد، تمرینات پایه ژیمناستیک و مکمل ال کارنیتین عوامل آمادگی جسمانی و نیم‌رخ لیپیدی را در کودکان دختر چاق بهبود می‌بخشد. ولی تعامل این دو روش اثر بیشتری نسبت به هر کدام به تنهایی دارد. از این‌رو، اجرای هم‌زمان تمرینات پایه ژیمناستیک و مصرف مکمل ال کارنیتین می‌تواند یک استراتژی

مناسب برای بهبود آمادگی جسمانی و نیم‌رخ لیپیدی در کودکان دختر چاق باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله، از نتایج پایان نامه خانم سهیلا فخریان روغنی (شناسه اخلاق IR.IAU.KHSH.REC.1402.093) برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته فیزیولوژی ورزشی از دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان می‌باشد. نویسندگان بدین وسیله از همکاران و بخصوص از آزمودنی‌های شرکت کننده که در انجام این مطالعه همکاری نمودند، نهایت تشکر و قدردانی را دارند.

تعارض منافع

نویسندگان مقاله اعلام می‌دارند، هیچ‌گونه تضاد منافی در پژوهش حاضر وجود ندارد.

References

- 1- Bradwisch SA, Smith EM, Mooney C, Scaccia D. Obesity in children and adolescents: An overview. *Nursing*. 2020; 50(11):60-66.
- 2- Memelink RG, Hummel M, Hijlkema A, Streppel MT, Bautmans I, Weijs PJM, et al. Additional effects of exercise to hypocaloric diet on body weight, body composition, glycaemic control, and cardio-respiratory fitness in adults with overweight or obesity and type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Diabet Med*. 2023;40(7):e15096..
- 3- Sohrabi F, Pasha R, Naderi F, Askary P, Ehteshamzadeh P. Effectiveness of cognitive- behavioral therapy on body mass index and self-concept perceptions of overweight individuals . *Iranian J Nutr Sci Food Technol* 2018; 12 (4):43-51.
- 4- Uwumiro F, Okpuije V, Osiogo EO, Abesin O, Abdulkabir S, Oyesomi A, et al. Impact of obesity on outcomes of emergency department visits for cardiac chest pain: insights from a nationwide emergency department study. *Cureus*. 2023; 15(9):e44540.
- 5- Wang Y, Xu D. Effects of aerobic exercise on lipids and lipoproteins. *Lipids Health Dis*. 2017; 16(1):132.
- 6- Fernandez ML, Murillo AG. Is there a correlation between dietary and blood cholesterol? Evidence from Epidemiological Data and Clinical Interventions. *Nutrients*. 2022; 14(10):2168.
- 7- Collins KA, Ross LM, Slentz CA, Huffman KM, Kraus WE. Differential effects of amount, intensity, and mode of exercise training on insulin sensitivity and glucose homeostasis: a narrative review. *Sports Med Open*. 2022; 8(1):90.
- 8- Kvaavik E, Klepp KI, Tell GS, Meyer HE, Batty GD. Physical fitness and physical activity at age 13 years as predictors of cardiovascular disease risk factors at ages 15, 25, 33, and 40 years: extended follow-up of the Oslo Youth Study. *Pediatrics*. 2009; 123(1):e80-6.
- 9- Lemes VB, Brand C, Dias AF, Gaya ACA, Gaya AR. Jump gymnastic at school physical education for adolescents and adults: changes and prevalence of success in health-related physical fitness. *Rev Bras Ativ Fís Saúde*. 2018; 23:e0054.
- 10- Coelho J. Gymnastics and movement instruction: Fighting the decline in motor fitness. *J Phys Educ Recreat Dance*. 2010; 81(1): 14-18.

- 11- Trajković N, Madić DM, Sporiš G, Aleksić A, Živčić-Marković K. Impact of gymnastics program on health related fitness in adolescent pupils. *Sci Gymnast J.* 2016; 8 (2), 157-166.
- 12- Iriyani K, Anwar F, Kustiyah L, Riyadi H. The effect of gymnastics on changes in nutritional status and physical fitness levels in overweight and obese adolescents. *AcTion: Aceh Nutri J.* 2023; 8(2), 234-242.
- 13- Pippi R, Mascherini G, Izzicupo P, Bini V, Fanelli CG. Effects of a mixed exercise program on overweight and obese children and adolescents: A pilot, uncontrolled study. *Int J Environ Res Public Health.* 2022; 19(15):9258.
- 14- Liao D, Liu X, Yuan X, Feng P, Ouyang Z, Liu Y, et al. Clinical evidence of the effects of carnitine supplementation on body weight, glycemic control and serum lipids in women with polycystic ovary syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Gynecol Endocrinol.* 2022; 38(2):110-115.
- 15- Guarnieri G. Carnitine in maintenance hemodialysis patients. *J Ren Nutr.* 2015; 25(2):169-75.
- 16- Xu Y, Jiang W, Chen G, Zhu W, Ding W, Ge Z, et al. L-carnitine treatment of insulin resistance: A systematic review and meta-analysis. *Adv Clin Expe Med.* 2017; 26:333–338.
- 17- Pooyandjoo M, Nouhi M, Shab-Bidar S, Djafarian K, Olyaeemanesh A. The effect of (L-) carnitine on weight loss in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Obes Rev.* 2016; 17(10):970-6.
- 18- Del Vecchio FB, Coswig VS, Galliano LM. Comment on 'the effect of (l-) carnitine on weight loss in adults: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials'. *Obes Rev.* 2017; 18(2):277-278.
- 19- Broad EM, Maughan RJ, Galloway SD. Carbohydrate, protein, and fat metabolism during exercise after oral carnitine supplementation in humans. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2008; 18(6):567-84.
- 20- Haeri F, Shariatpanahi SP, Kafeshani M. Prevalence of obesity in the first grade primary school children in Mehriz, Iran, based on different references of body mass index. *J Health Syst Res.* 2022; 17(4): 269-74
- 21- Aydin EM, Gündoğan B, Demirkan E. How does artistic gymnastics and trampoline gymnastics training affect dynamic balance, abdominal strength, jump performance, and flexibility in adult females? *Acta Gymnica.* 2023; 53:e2023.002.
- 22- Paoli A, Pacelli QF, Moro T, Marcolin G, Neri M, Battaglia G, et al. Effects of high-intensity circuit training, low-intensity circuit training and endurance training on blood pressure and lipoproteins in middle-aged overweight men. *Lipids Health Dis.* 2013; 12:131.
- 23- Garcia C, Barela JA, Viana AR, Barela AM. Influence of gymnastics training on the development of postural control. *Neurosci Lett.* 2011; 492(1):29-32.
- 24- Suchitra MM, Ashalatha VL, Sailaja E, Rao AM, Reddy VS, Bitla AR, et al. The effect of L-carnitine supplementation on lipid parameters, inflammatory and nutritional markers in maintenance hemodialysis patients. *Saudi J Kidney Dis Transpl.* 2011; 22(6):1155-1159.
- 25- Broad EM, Maughan RJ, Galloway SD. Effects of four weeks L-carnitine L-tartrate ingestion on substrate utilization during prolonged exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2005; 15(6):665-79.
- 26- Vecchio M, Chiamonte R, Testa G, Pavone V. Clinical effects of l-carnitine supplementation on physical performance in healthy subjects, the key to success in rehabilitation: A systematic review and meta-analysis from the rehabilitation point of view. *J Funct Morphol Kinesiol.* 2021; 4; 6(4):93.
- 27- Mielgo-Ayuso J, Pietrantonio L, Viribay A, Calleja-González J, González-Bernal J, Fernández-Lázaro D. Effect of acute and chronic oral l-carnitine supplementation on exercise performance based on the exercise intensity: A systematic review. *Nutrients.* 2021; 13(12):4359.
- 28- Rezaei M. The effect of basic gymnastics exercises on the development of cognitive skills and social skills of 7 to 10 year old school girls in Masjed Soleiman. *J New Res Approaches Manag Account.* 2022; 5:83(2): 1526 – 1546.[Full text in Persian]
- 29- Saleh V, Afroundeh R, Siahkouhian M, Asadi A. Effect of an 8-week anaerobic gymnastics training on static, dynamic balance and body composition in obese and normal-weight children. *JPEN.* 2021; 8 (2):81-91.[Full text in Persian]

- 30- Koozehchian MS, Daneshfar A, Fallah E, Agha-Alinejad H, Samadi M, Kaviani M, et al. Effects of nine weeks L-Carnitine supplementation on exercise performance, anaerobic power, and exercise-induced oxidative stress in resistance-trained males. *J Exerc Nutrition Biochem*. 2018; 22(4):7-19.
- 31- Orer GE, Guzel NA. The effects of acute L-carnitine supplementation on endurance performance of athletes. *J Strength Cond Res*. 2014; 28(2):514-9.
- 32- Fielding R, Riede L, Lugo JP, Bellamine A. L-carnitine supplementation in recovery after exercise. *Nutrients*. 2018; 10(3):349.
- 33- Drăgan IG, Vasiliu A, Georgescu E, Eremia N. Studies concerning chronic and acute effects of L-carnitina in elite athletes. *Physiologie*. 1989;26(2):111-29.
- 34- Azizimasouleh M, Sharifi K, Ahmadi P, Hedayati M. Effects of caffeine, L-carnitine and their combination on 400 m freestyle performance in adolescent female swimmers. *Razi J Med Sci*. 2015; 22(133):16-26.[Full text in Persian]
- 35- Musazadeh V, Alinejad H, Esfahani NK, Kavyani Z, Keramati M, Roshanravan N, et al. The effect of L-carnitine supplementation on lipid profile in adults: an umbrella meta-analysis on interventional meta-analyses. *Front Nutr*. 2023; 10:1214734.
- 36- Shakib A, Amirsasan R, Vakili J, Sari-Saraf V. Alterations in miR-128-1 and some blood lipoproteins following 12 weeks of concurrent aerobic and strength training in obese middle-aged men. *Daneshvar Med*. 2023; 30(6): 44-56. [Full text in Persian]
- 37- Ramezani A, Gaeini A, Hosseini M, Mohammadi J. Effect of endurance, strength and combined training on lipid profile, insulin resistance, and serum adiponectin levels in inactive obese children. *Armaghan-e-Danesh*. 2016; 21 (7) :641-654. [Full text in Persian]
- 38- Hakimi M, Sheikholeslami-Vatani D, Ali-Mohammadi M. Effect of concurrent training with ingested of l-carnitine supplementation on hormonal changes, lipid profile and body composition in obese men. *Stud Med Sci*. 2015; 26 (3):185-193. [Full text in Persian]
- 39- Jalali J, Bolboli L, Rajabi A, Siahkuhian M. Effect of six weeks supplementation of L-Carnitine on body fat percentages and lipoprotein profile in non-athlete male students. *J Gorgan Univ Med Sci*. 2015; 17 (4):62-66. [Full text in Persian]
- 40- Cho KH, Nam HS, Kang DJ, Zee S, Park MH. Enhancement of high-density lipoprotein (HDL) quantity and quality by regular and habitual exercise in middle-aged women with improvements in lipid and apolipoprotein profiles: Larger particle size and higher antioxidant ability of HDL. *Int J Mol Sci*. 2023; 24(2):1151.