The Interactive Effect of Aerobic Exercise and Supplementation of Blue-Algae (Spirulina) on Anthropometric Indexes and Cardiovascular Risk Factors in Diabetic Men

Eskandari M[1], Pournemati P[2], Hooshmand Moghadam B[3*], Norouzi J[4]

[1]Ph.D. Student, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran

[2]Assistant Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran

[3]Ph.D. Student, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

[4]Ph.D. Student, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract

Background: Herbal supplements blue-green algae (Spirulina) is one of the richest sources of protein. The purpose of this study was to investigate the interactive effect of aerobic training with the supplementation of Spirulina on anthropometric factors and cardiovascular risk factors in diabetic patients.

Methods: Thirty two men with type 2 diabetes mellitus who had sedentary lifestyles were randomly divided into four groups: Control (C), Exercise (AT), Supplement (S), and Exercise with Supplement (AT + S). The Exercise group program included 45 minutes of aerobic exercise, three sessions per week with a maximum heart rate of 60-65%. Groups (S) and (AT + S) took two tablets of 500 mg of Spirulina per day. Blood samples were taken before and after eight weeks after 10-12 hours of fasting overnight to measure the cardiovascular risk factors. Also, bioelectrical impedance method was used to evaluate anthropometric indexes.

Findings: After eight weeks of aerobic training and supplementation, TG, LDL, weight, BMI, and body fat percentage decreased significantly in groups (AT, S, AT + S) ($P\leq 0.05$)while in group (C) these changes were not significant. Also, in groups (AT and AT + S), the level of total cholesterol and WHR decreased whereas HDL showed a significant increase. In groups (S and C) these three indexes did not change significantly ($P\leq 0.05$).

Discussion & Conclusion: Aerobic exercise along with Spirulina supplementation can be an effective factor for preventing and improving the metabolic syndrome indicators in people with diabetes. Through having a desirable effect on anthropometric indexes and cardiovascular risk factors

Keywords: Aerobic exercise, Anthropometric measurements, Cardiovascular risk factors, Spirulina, Type 2 diabetes

Sadra Med Sci J 2020; 8(1): 51-62.
Received: Oct. 9th, 2019
Accepted: Jan. 21st, 2020

*Corresponding Author: **Hooshmand Moghadam B**. Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, babak.hooshmand@mail.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
(Original Article)

مجـــــله علـــــوم پزشکی صدرا
دوره ۸، شماره ۱، زمستان ۱۳۹۸، صفحات ۵۱ تا ۶۲
تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۰۱ تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۱۷

تأثیر توأمان تمرین هوازی و مکمل جلبک سبزـ آبی (اسپیرولینا) بر شاخص‌های تن‌سنجی و عوامل خطرزای قلبی عروقی در مردان دیابتی

مژگان اسکندری[۱]، پریسا پورنعمتی[۲]، بابک هوشمند مقدم[۳*]، جواد نوروزی[۴]

[۱] دانشجوی دکتری، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
[۲] استادیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
[۳] دانشجوی دکتری، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
[۴] دانشجوی دکتری، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

مقدمه: مکمل گیاهی جلبک سبزـ آبی (اسپیرولینا) یکی از غنی‌ترین منابع پروتئینی است. هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر تعاملی تمرین هوازی به همراه مصرف مکمل اسپیرولینا بر عوامل تن‌سنجی و عوامل خطرزای قلبی عروقی در بیماران دیابتی بود.

مواد و روش: ۳۲ مرد کم‌تحرک مبتلا به دیابت نوع ۲ به شکل تصادفی به چهار گروه: کنترل (C)، تمرین (AT)، مکمل (S) و تمرین همراه با مکمل (AT+S) تقسیم شدند. برنامه گروه تمرین شامل ۴۵ دقیقه تمرین هوازی، سه جلسه در هفته با حداکثر ضربان قلب ۶۵- ۶۰ درصد بود. گروه‌های (S) و (AT+S)، روزانه دو عدد قرص ۵۰۰ میلی‌گرمی اسپیرولینا مصرف کردند. جهت اندازه‌گیری عوامل خطرزای قلبی عروقی خون‌گیری از افراد موردمطالعه قبل و بعد از هشت هفته به دنبال ۱۲-۱۰ ساعت ناشتایی شبانه انجام شد. همچنین جهت ارزیابی شاخص‌های تن‌سنجی از روش بیوالکتریکال ایمپدانس استفاده شد.

یافته‌ها: پس از هشت هفته مداخله تمرین هوازی و مصرف مکمل، مقادیر TG، LDL، وزن،BMI، درصد چربی بدن در گروه‌های (AT، S و AT+S) کاهش معناداری را نشان داد ($P\leq ۰/۰۵$)؛ در شرایطی که در گروه (C) این تغییرات معنادار نبود. همچنین در گروه‌های (AT و AT+S) سطح کلسترول تام و WHR کاهش ولی HDL افزایش معناداری از خود نشان داد که در گروه‌های (S وC) این سه شاخص تغییر معناداری نکرد ($P\leq ۰/۰۵$).

بحث و نتیجه‌گیری: تمرین هوازی به همراه مصرف مکمل اسپیرولینا می‌تواند از طریق تأثیر مطلوب بر شاخص‌های تن‌سنجی و عوامل خطرزای قلبی و عروقی، عامل کارآمدی برای پیشگیری و بهبود شاخص‌های سندروم متابولیک در افراد مبتلا به دیابت شود.

واژگان کلیدی: تمرین هوازی، اسپیرولینا، دیابت نوع ۲، اندازه‌های تن‌سنجی، عوامل خطرزای قلبی عروقی

* نویسنده مسئول: **بابک هوشمند مقدم**، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، babak.hooshmand@mail.um.ac.ir

مقدمه

دیابت ازجمله بیماری‌های متابولیکی است که باعث اختلال در متابولیسم چربی می‌شود. افزایش بافت چربی به خصوص چربی احشایی ارتباط مستقیمی با عوامل خطرزای بیماری‌های قلبی- عروقی، عدم تحمل گلوکز، هیپرلیپیدمی (Hyperlipidemia)، پرفشار خونی و همچنین به عنوان عامل زمینه‌ساز در دیابت و سندروم متابولیک شناخته می‌شود (۱). تقریباً ۸۰ درصد افراد مبتلا به دیابت نوع دو مبتلا به چاقی هستند. افزایش شیوع چاقی و اضافه‌وزن و شرایط پاتولوژی مرتبط با آن عامل خطرزای مهمی برای شاخص‌های سندروم متابولیک و عوامل خطرزای قلبی عروقی در افراد مبتلا به دیابت است (۳،۲). چاقی و اضافه‌وزن می‌توانند عامل خطر مستقل برای افزایش تری گلیسرید (Triglyceride:TG)، کلسترول تام (Total Cholesterol: TC)، لیپوپروتئین با چگالی پایین (Low-density lipoprotein-:LDL-C Cholesterol)، فشارخون و کاهش لیپوپروتئین با چگالی بالا (High-density lipoprotein- :HDL-c Cholesterol) باشد. درواقع چنین بیان‌شده است که اختلال چربی خون ناشی از اضافه‌وزن، نقش مهمی در بیماری‌های قلبی- عروقی در افراد چاق و دارای اضافه‌وزن ایفا می‌کند (۴). از شایع‌ترین اختلالات الگوی چربی خون در افراد دیابتی، افزایش مقدار تری گلیسرید، کاهش کلسترول لیپوپروتئین پر چگال و افزایش کلسترول خون است (۵). دیابت نوع دو با کاهش HDL پلاسما نیز همراه است که به دلیل افزایش کاتابولیسم اجزا HDL اتفاق می‌افتد. افزایش کاتابولیسم HDL مقاومت به انسولین را در پی دارد به طوری که این تغییر در افراد چاق غیر دیابتی منجر به افزایش مقاومت به انسولین می‌شود (۶). پژوهش‌ها نشان داده است که کاتابولیسم LDL در افراد دیابتی ۲۸ درصد کمتر از افراد سالم است. کاهش کاتابولیسم LDL می‌تواند ناشی از کاهش تعداد گیرنده‌هایB/E LDL یا کاهش حساسیت گیرنده‌ها نسبت به LDL باشد، به طوری که در افراد دیابتی تعداد گیرنده‌های سطح سلولی کاهش معناداری در مقایسه با افراد سالم نشان داده است (۷). در بیماران دیابتی نوع دو بالا بودن سطوح تری گلیسیرید به نسبت افزایش LDL ممکن است یک پیش ساز مهم‌تر در بروز بیماری‌های ایسکمی قلب باشد (۸).

امروزه گیاهان دارویی به دلیل کم بودن عوارض جانبی آن در درمان بیماری‌های متابولیک موردتوجه بسیاری از پژوهشگران قرارگرفته است. اسپیرولینا (جلبک سبزـآبی) یک سیانوباکتریوم رشته‌ای است که به عنوان مکمل غذایی استفاده می‌شود. سازمان بهداشت جهانی (WHO: Word Health Organization) پیشنهاد می‌کند که این گیاه غنی از پروتئین به یکی از عناصر درمانی و پیشگیری‌کننده غذایی در قرن بیست و یکم تبدیل خواهد شد (۹). اسپیرولینا منبع مهمی از پروتئین رنگ دانه‌دار فتوسنتزی به نام فیکوسیانین C می‌باشد که خواص فوق‌العاده ضد التهابی و آنتی‌اکسیدانی دارد. این محصول دارای ترکیبات شیمیایی پیچیده‌ای است که شامل انواع پروتئین‌ها، آمینواسیدها، ویتامین‌ها، مواد معدنی، اسیدهای چرب آزاد، پلی ساکاریدها و ترکیبات بیولوژیکی فعال می‌باشد (۱۰). این میگروآلگان دارای محتوای پروتئینی بسیار بالایی است و آمینواسیدهای موجود در اسپیرولینا همانند آمینواسیدی است که مؤسسه غذا و محصولات کشاورزی توصیه کرده است (۱۱). ازجمله تأثیرات این جلبک می‌توان به پیشگیری از کبد چرب، بیماری‌های قلب و عروقی، سرطان، کاهش سطح چربی سرم، افزایش سطوح هموگلوبین، افزایش آنتی‌بادی‌ها و عملکرد فاگوسیتیک ماکروفاژ و مهار پیشروی ویروس HIV (Human Immunodeficiency Virus) اشاره کرد (۱۲). به نظر می‌رسد که اسپیرولینا از طریق افزایش پاک‌سازی چربی‌های کبدی و احشایی توسط ماکروفاژها، کاهش سطوح لپتین سرمی و کاهش استرس اکسیداتیو و التهاب بر کاهش اضافه‌وزن و چربی بدن مؤثر باشد (۱۳).

علاوه بر عامل تغذیه‌ای، فعالیت‌های حرکتی و ورزشی با افزایش مصرف قند کلی بدن توسط سلول‌های عضلانی و همچنین فعال‌تر کردن سوخت‌وساز چربی‌ها، سبب کاهش غلظت گلوکز و بهبود چربی‌های خون می‌شوند (۱۴). درواقع در پژوهش‌های متعددی ثابت‌شده است که تمرینات هوازی با بهبود ترکیب بدن و عوامل خطرزای قلبی و عروقی خون، به عنوان یک جزء ضروری در درمان بیماران دیابتی نوع دو محسوب می‌شوند (۱۵). ازآنجاکه در دهه اخیر علاقه زیادی به مطالعاتی که هدف آن‌ها جلوگیری یا کم کردن اثرات تجمع بافت چربی و تعدیل چربی‌های خون به وجود آمده است و همچنین با توجه به نگرانی‌ها در مورد شیوع چاقی و اضافه‌وزن، ارائه راهکارهای مناسب برای کنترل و کاهش وزن از راه انجام تمرینات ورزشی و مکمل‌های تغذیه‌ای به خصوص در افراد دیابتی حائز اهمیت است. با توجه به این‌که تمرین هوازی دارای پتانسیل اقتصادی و پروتکل تمرینی بسیار کارآمد برای افراد دیابتی بوده و اسپیرولینا نیز منبع غنی از پروتئین، ویتامین‌ها و اسیدهای چرب آزاد است و ازآنجایی‌که بر اساس بررسی‌های انجام‌گرفته پژوهش‌های اندکی در مورد تأثیر اسپیرولینا به خصوص در تعامل با تمرین بر کاهش عوارض بیماری دیابت وجود دارد، لذا هدف از اجرای پژوهش حاضر، بررسی تأثیر توأمان تمرین هوازی همراه با مصرف مکمل اسپیرولینا بر شاخص‌های تن‌سنجی (وزن، BMI، درصد چربی و WHR) و عوامل خطرزای قلبی-عروقی (TG، LDL، HDL، کلسترول تام) در بیماران دیابتی است.

مواد و روش

پژوهش حاضر به لحاظ هدف جزو پژوهش‌های کاربردی و به لحاظ روش از نوع نیمه تجربی با چهار گروه آزمودنی در دو مرحله سنجش پیش آزمون (قبل از مداخله) و پس آزمون (بعد از مداخله) می‌باشد. جامعه آماری این پژوهش، کلیه مردان دیابتی نوع دو شهر مشهد بودند که پس از فراخوان و اطلاع‌رسانی در میان آنان، ۳۲ نفر از مردان دیابتی با دامنه سنی ۳۵ تا ۵۵ سال انتخاب شدند. روش گزینش آن‌ها به این صورت بود که از افراد دیابتی علاقه‌مند به شرکت در تحقیق، اندازه‌گیری‌های قند خون ناشتا به عمل آمد و از بین آن‌ها افرادی که دارای قند خون ناشتای ۱۵۰ تا ۲۵۰ میلی‌گرم در دسی لیتر بودند و واجد معیارهای ورود به مطالعه بودند انتخاب شدند. معیارهای ورود به مطالعه عبارت بودند از: نداشتن سابقه بیماری خاص (سکته قلبی، آریتمی کنترل نشده، عوارض مربوط به دیابت مانند زخم پای دیابتی و نفروپاتی)، نداشتن فعالیت بدنی منظم، عدم استفاده از سیگار، نداشتن رژیم غذایی خاص و داشتن آمادگی لازم برای شروع فعالیت بدنی. قبل از شروع مطالعه در یک جلسه توجیهی، کلیه برنامه‌ها، شیوه انجام تمرین‌ها و مصرف مکمل و خطرات احتمالی برای شرکت‌کنندگان توضیح داده شد و همه افراد بعد از پر کردن پرسشنامه‌ی سلامتی و آگاهی از مراحل تحقیق، مشارکت خود را با رضایت‌نامه کتبی محقق ساخته، اعلام نمودند. همچنین در این جلسه، آزمودنی‌ها به‌منظور تأیید سلامت عمومی علاوه بر پرسش‌نامه توسط پزشک معتمد بررسی و از آزمودنی‌ها درخواست شد که رژیم معمول و روزانه خود را تغییر ندهند و از مصرف هر نوع غذای اضافی و مکمل غذایی پرهیز کنند و در طول دوره دارویی مصرف نکنند و در صورت استفاده اطلاع دهند در انجام پژوهش حاضر، پژوهشگران به همراه یک پزشک و سه مربی ورزشی بر وضعیت و حالت‌های آزمودنی‌ها کنترل داشتند و در تمامی مراحل در کنار آزمودنی‌ها بوده و مراحل را زیر نظر داشتند و تمامی موارد اخلاقی مرتبط با آزمودنی‌ها را رعایت کردند. آزمودنی‌ها به روش تصادفی ساده و طرحی دوسوکور به چهار گروه هشت نفرِ کنترل، تمرین، مکمل و گروه تمرین همراه با مکمل تقسیم شدند. یک روز قبل از شروع برنامه تمرینی، پس از اندازه‌گیری برخی شاخص‌های تن‌سنجی، نمونه خونی آزمودنی‌ها در آزمایشگاه به عنوان پیش آزمون گرفته شد. سپس آزمودنی‌ها گروه مکمل و تمرین همراه با مکمل روزانه دو عدد قرص (۵۰۰

میلی‌گرمی) اسپیرولینا به مدت هشت هفته دریافت کردند. هم‌چنین آزمودنی‌های گروه تمرین و تمرین همراه با مکمل ملزم به انجام تمرینات هوازی با شدت ۶۵-۶۰٪ حداکثر ضربان قلب و سه جلسه در هفته (هر جلسه به مدت ۴۵ دقیقه) به مدت هشت هفته بودند (جدول۱). لازم به ذکر است شدت تمرین از طریق محاسبه ضربان قلب بیشینه و به‌وسیله ضربان سنج پولار این‌گونه بود که از فرمول (سن -۲۲۰)، ضربان قلب بیشینه و درصد ضربان قلب هدف در هر جلسه از فرمول کارونن به دست می‌آمد. آزمودنی‌های گروه کنترل در طی این مدت هیچ مداخله‌ای انجام ندادند. درنهایت یک روز پس از پایان برنامه تمرینی و مصرف مکمل بعد از ۱۲-۱۰ ساعت ناشتایی شبانه مجدداً پنج سی‌سی خون از ورید بازویی گرفته شد و ترکیب بدنی آزمودنی‌ها دوباره سنجیده شد. نمونه‌های خونی در لوله آزمایش حاوی ماده ضد انعقاد قرار گرفت و سپس جهت جداسازی پلاسما از خون در دستگاه سانترفیوژ (۳۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه) قرار داده شد. پلاسما به‌دست‌آمده جهت اندازه‌گیری عوامل خطرزای قلبی عروقی در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد منجمد شد. برای اندازه‌گیری غلظت‌های TG، LDL، HDL و کلسترول تام از روش آنزیماتیک، کیت‌های پارس آزمون و دستگاه اتوآنالایزر بیوشیمی استفاده شد. همچنین جهت ارزیابی شاخص‌های ترکیب بدنی از روش بیوالکتریکال ایمپدانس با دستگاه مدل BOCAXI (ساخت کشور کره جنوبی) استفاده شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده، طبیعی بودن داده از آزمون کلموگروف- اسمیرونف و نیز از آزمون لون جهت بررسی تجانس واریانس استفاده شد. بررسی تغییرات درون‌گروهی با استفاده از آزمون t وابسته انجام شد. همچنین برای مقایسه تفاوت‌های بین گروهی از تحلیل واریانس یک‌طرفه و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. کلیه محاسبات آماری در سطح معنی‌داری P≤۰/۰۵ و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ انجام شد.

جدول ۱. برنامه تمرینی هوازی

بخش‌های تمرین	نوع حرکات	شدت تمرین (حداکثر ضربان قلب)	مدت تمرین
گرم کردن	راه رفتن و حرکات کششی	٪۴۰-۴۵	۱۰-۱۵ دقیقه
بخش اصلی	راه رفتن سریع و پریدن از روی مانع، شنای سوئدی و طناب زدن	٪۶۰-۶۵	۲۰-۳۰ دقیقه
سرد کردن	راه رفتن با سرعت متوسط و حرکات کششی	٪۳۰-۳۵	۵-۱۰ دقیقه

یافته‌ها

با توجه به جدول ۲ که در زیر آمده است نتایج درون‌گروهی نشان داد پس از ۸ هفته مقادیر TG و LDL در گروه‌های تمرین، مکمل و تمرین همراه با مکمل کاهش معنی‌داری داشته است (P≤۰/۰۵). درصورتی‌که در گروه کنترل این تغییرات معنادار نبود. همچنین شاخص‌های HDL و کلسترول تام به ترتیب افزایش و کاهش معناداری در گروه‌های تمرین و تمرین همراه با مکمل از خود نشان دادند (P≤۰/۰۵) که در گروه مکمل و کنترل این دو شاخص تغییر معناداری نکرد. علاوه بر این نتایج آزمون توکی نشان‌دهنده اختلاف معناداری در میزان TG وLDL گروه مکمل، تمرین و تمرین همراه با مکمل با گروه کنترل وجود دارد. همچنین اختلاف معناداری در میزان HDL و کلسترول تام گروه‌های تمرین و تمرین همراه با مکمل با گروه کنترل وجود دارد.

جدول ۲. تغییرات سطوح TG، LDL، HDL و کلسترول تام آزمودنی‌ها در چهار گروه

متغیر	گروه‌ها	پیش آزمون $(M \pm SD)$	پس آزمون $(M \pm SD)$	P درون‌گروهی	P بین گروهی (نسبت به گروه کنترل)
TG (mg/dl)	تمرین	۱۵۹/۳۲±۵۱/۲۱	۱۲۸/۷۲±۳۱/۶۱	*۰/۰۱۱	¥۰/۰۱۳
	مکمل	۱۷۰/۴۵±۴۶/۹۳	۱۳۹/۲۵±۴۱/۰۳	*۰/۰۱۳	¥۰/۰۱۶
	تمرین + مکمل	۱۶۲/۶۵±۳۹/۳۸	۱۲۳ /۲۷±۲۹/۳۳	*۰/۰۰۱	¥۰/۰۰۱
	کنترل	۱۵۷/۹۳±۴۰/۷۸	۱۶۰/۴۱±۳۷/۰۸	۰/۷۶	-
LDL (mg/dl)	تمرین	۱۱۴/۲۱±۱۷/۲۵	۹۳/۸۱±۱۴/۳۲	*۰/۰۲۲	¥۰/۰۱۱
	مکمل	۱۲۰/۴۱±۲۰/۱۳	۱۰۴/۴۷±۱۸/۳۳	*۰/۰۲۱	¥۰/۰۱۳
	تمرین + مکمل	۱۲۵/۰۳±۱۹/۹۸	۱۰۹/۲۱±۲۸/۰۸	*۰/۰۲	¥۰/۰۱
	کنترل	۱۱۸/۹۷±۲۵/۰۸	۱۲۳/۴۵±۱۹/۲۷	۰/۷۹	-
HDL (mg/dl)	تمرین	۳۸/۰۱±۹/۷۱	۴۶/۵۶±۱۱/۸۳	*۰/۰۱۱	¥۰/۰۲
	مکمل	۴۰/۲۱±۱۱/۰۳	۴۲/۲۷±۹/۳۴	۰/۲۲	۰/۲۶
	تمرین + مکمل	۴۳/۶۳±۹/۲۵	۵۲/۸۳±۱۲/۰۵	*۰/۰۰۸	¥۰/۰۱
	کنترل	۳۹/۰۷±۸/۸۹	۴۰/۳۲±۹/۰۷	۰/۶۳	-
کلسترول تام (mg/dl)	تمرین	۱۸۱/۳۱±۳۸/۰۵	۱۵۶/۴۵±۲۹/۲۱	*۰/۰۲	¥۰/۰۲۵
	مکمل	۱۸۴/۴۸±۳۲/۷۱	۱۸۰/۲۱±۳۴/۹۱	۰/۳۵	۰/۵۶
	تمرین + مکمل	۱۷۹/۴۱±۴۱/۳۱	۱۵۱/۲۷±۳۸/۰۱	*۰/۰۱	¥۰/۰۱۲
	کنترل	۱۷۷/۴۵±۳۷/۵۳	۱۷۹/۲۲±۳۱/۲۱	۰/۶۲۳	-

(*): نشانه اختلاف معناداری نسبت به‌پیش از شروع هشت هفته تمرین

(¥): نشانه اختلاف معناداری نسبت به گروه کنترل

همچنین بر اساس جدول ۳ که در زیر آمده است نتایج درون‌گروهی نشان داد پس از هشت هفته مقادیر وزن، درصد چربی و BMI در گروه‌های تمرین، مکمل و تمرین همراه با مکمل کاهش معناداری نسبت به‌پیش آزمون داشته است ($P\leq ۰/۰۵$). درصورتی‌که در گروه کنترل این تغییرات معنادار نبود. همچنین شاخص WHR کاهش معناداری در گروه‌های تمرین و تمرین همراه با مکمل از خود نشان دادند ($P\leq ۰/۰۵$) که در گروه مکمل و کنترل این شاخص تغییر معناداری نکرد. علاوه بر این نتایج آزمون توکی نشان‌دهنده اختلاف معناداری در شاخص وزن آزمودنی‌ها در گروه تمرین با گروه کنترل، شاخص درصد چربی آزمودنی‌ها در گروه تمرین همراه با مکمل با گروه کنترل، شاخص BMI آزمودنی‌ها در گروه تمرین و تمرین همراه با مکمل با گروه کنترل و شاخص WHR آزمودنی‌ها در گروه تمرین، تمرین همراه با مکمل و گروه مکمل با گروه کنترل وجود دارد.

جدول ۳. تغییرات شاخص‌های تن‌سنجی (وزن، درصد چربی، BMI وWHR) آزمودنی‌ها در چهار گروه

متغیر	گروه‌ها	پیش آزمون $(M \pm SD)$	پس آزمون $(M \pm SD)$	P درون‌گروهی	P بین گروهی (نسبت به گروه کنترل)
وزن (کیلوگرم)	تمرین	۸۹/۵۶±۸/۶۱	۸۴/۵۳±۹/۲۷	*۰/۰۰۱	¥۰/۰۱
	مکمل	۹۲/۵۲±۹/۳۳	۸۸/۸۵±۷/۲۸	*۰/۰۱	۰/۲۳
	تمرین + مکمل	۹۱/۶۵±۷/۳۲	۸۸/۸۹±۸/۶۶	*۰/۰۱	۰/۲۶
	کنترل	۹۰/۹۳±۹/۶۸	۹۰/۹۸±۵/۶۷	۰/۸۵۲	-
درصد چربی (درصد)	تمرین	۲۶/۴۱±۱/۶۳	۲۳/۵۲±۲/۶۱	*۰/۰۰۱	۰/۰۸
	مکمل	۲۵/۷۲±۲/۳۶	۲۳/۹۲±۱/۶۳	*۰/۰۱۶	۰/۰۹
	تمرین + مکمل	۲۴/۴۷±۱/۳۹	۲۲/۸۵±۲/۳۱	*۰/۰۱۵	¥۰/۰۱
	کنترل	۲۴/۰۴±۲/۶۱	۲۴/۸۷±۱/۸۷	۰/۷۵	-
BMI (کیلوگرم بر مترمربع)	تمرین	۲۷/۵۲±۳/۴۱	۲۵/۲۱±۲/۴۱	*۰/۰۲	¥۰/۰۲
	مکمل	۲۸/۴۱±۲/۵۶	۲۶/۲۱±۳/۳۹	*۰/۰۲۱	۰/۰۰۱
	تمرین + مکمل	۲۷/۴۷±۲/۹۶	۲۴/۹۹±۱/۸۵	*۰/۰۱	¥۰/۰۱
	کنترل	۲۷/۰۱±۲/۷۴	۲۷/۹۵±۲/۷۴	۰/۸۲	-
WHR (سانتی‌متر)	تمرین	۰/۷۸±۰/۰۵	۰/۷۱±۰/۰۹	*۰/۰۰۱	¥۰/۰۲
	مکمل	۰/۷۴±۰/۰۷	۰/۷۳±۰/۰۶	۰/۰۹	¥۰/۰۳
	تمرین + مکمل	۰/۷۵±۰/۰۳	۰/۶۷±۰/۰۹	*۰/۰۰۱	¥۰/۰۱
	کنترل	۰/۸۱±۰/۰۷	۰/۸۰±۰/۰۵	۰/۰۰۱	-

(*): نشانه اختلاف معناداری نسبت به‌پیش از هشت هفته

(¥): نشانه اختلافمعناداری نسبت به گروه کنترل

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که هشت هفته مداخله تمرین هوازی و مصرف مکمل اسپیرولینا میزان TG، LDL، وزن، BMI و درصد چربی بدن را در گروه‌های تمرین، مکمل و تمرین همراه با مکمل کاهش داد؛ به علاوه شاخص‌های HDL افزایش و کلسترول تام و WHR کاهش معناداری در گروه‌های تمرین و تمرین همراه با مکمل را نشان داد. درزمینه تغییرات عوامل خطرزای قلبی و عروقی در پژوهش‌های گذشته، تأثیر تمرین هوازی و مصرف مکمل اسپیرولینا به صورت جداگانه بررسی‌شده است که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود؛ اما تاکنون در مورد تأثیر هم‌زمان تمرین هوازی و مصرف مکمل اسپیرولینا بر روی نمونه‌ها انسانی به‌ویژه افراد دیابتی پژوهشی صورت نگرفته است که قابل‌بررسی و کنکاش با پژوهش حاضر باشد. چاقی به همراه اختلالات لیپیدی در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو بسیار رایج است. افزایش سطح LDL و کاهش HDL منجر به افزایش بیماری‌های قلبی و عروقی در افراد دیابتی می‌گردد (۱۶). گزارش‌شده است که افزایش مزمن در سطوح قند خون، افزایش چربی خون (کلسترول، تری گلیسیرید، LDL،VLDL و کاهش سطح HDL) را به دنبال دارد (۱۷). مکمل اسپیرولینا دارای مقادیر فیبر بالایی می‌باشد و درصورتی‌که در مقادیر بالا مصرف شود می‌تواند جذب گلوکز را کاهش دهد، علاوه بر این کیفیت پروتئینی بالایی داشته و پپتیدها و پلی پپتیدهای حاصل از هضم آن می‌تواند ترشح انسولین را افزایش دهد و باعث تعدیل سطح قند خون شود (۱۸). مورا (Moura) و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهش خود به بررسی اثر مکمل اسپیرولینا و تمرین

هوازی در موش‌های دیابتی پرداختند که یافته‌ها بیانگر کاهش غلظت پلاسماییLDL است (۱۹). زینلیان و همکاران در پژوهش خود به بررسی اثر مکمل دهی اسپیرولینا در افراد مبتلا به چاقی به مدت ۱۲ هفته پرداختند؛ نتایج نشان داد که این مکمل در کاهش وزن بدن و اشتها مؤثر است و تا حدودی چربی سرم را بهبود می‌بخشد (۹). مطالعات انجام‌شده درزمینه مصرف مکمل اسپیرولینا بر نمونه‌های انسانی و حیوانی نشان داده است که این مکمل در کاهش کلسترول نقش بارزی دارد. این مکمل گیاهی غنی از آنتی‌اکسیدان‌ها بوده و دارای مواد مغزی مانند فیکوسیانین، کلروفیل، پلی ساکاریدها و سولفولیپیدها می‌باشد (۲۰). فیکوسیانین به عنوان مهم-ترین ترکیب آنتی‌اکسیدانی موجود در جلبک اسپیرولینا در افزایش حساسیت انسولین، بهبود مقاومت به انسولین در بافت‌های محیطی و تنظیم متابولیسم قند و چربی مؤثر می‌باشد (۲۱). اِسزولینسکا (Szulinska) و همکاران در تحقیق خود نشان دادند که ۱۲ هفته مکمل دهی اسپیرولینا سبب کاهش معنادار BMI، اندازه دور کمر (WC)، LDL و نسبت حساسیت انسولینی در افراد چاق می‌شود (۲۲). انجام تمرینات منظم، باعث کاهش خطر ابتلا به دیابت نوع دو و همچنین افزایش HDL می‌شود (۲۳). بالدوسی (Balducci) و همکاران (۲۰۰۴)، گزارش کردند که انجام تمرینات به‌طور منظم می‌تواند سطح HDL-C را در بیماران دیابتی افزایش دهد (۲۴). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میانگین تغییرات سرمی LDL کاهش معناداری داشت. به دنبال سازگاری‌های ناشی از انجام تمرینات هوازی حجم میتوکندری و به دنبال آن فعالیت آنزیم‌های لیپاز افزایش می‌یابد که افزایش کاتابولیسم چربی را در پی دارد (۲۵). کاهش LDL وابسته به کاهش وزن و کاهش چربی بدن هست (۲۶). احتمالاً تغییرات در ترکیب بدنی و کاهش توده چربی می-تواند از عوامل اثرگذار در کاهش LDL باشد (۲۷). همسو با نتایج مطالعه حاضر، مطالعات پیشین کاهش معنادار LDL و تری گلیسیرید را متعاقب انجام تمرینات هوازی در بیماران دیابتی گزارش کردند (۲۹،۲۸). گایینی و همکاران کاهش LDL-C را متعاقب انجام تمرینات هوازی تداومی و تناوبی گزارش کردند (۳۰). به عقیده تعدادی از پژوهشگران کاهش مؤثر در سطح کلسترول و تری گلیسیرید در افراد مبتلا به دیابت نوع دو از طریق کاهش وزن حاصل می‌شود؛ درحالی‌که پژوهشگران دیگر تغییرات ناشی از تمرینات ورزشی در نیمرخ لیپیدی را مستقل از وزن بدن می‌دانند؛ شدت، مدت، تکرار تمرین و همچنین کاهش در مصرف چربی‌های اشباع، کاهش وزن، رعایت رژیم غذایی متعادل نیز از عوامل مؤثر بر تغییرات لیپیدی تلقی می‌شوند (۳۱). اگرچه مطالعه مستقیمی برای مقایسه یافته‌های حاصل از تحقیق حاضر و دیگر تحقیقات وجود ندارد، اما با توجه اثر مستقل تمرین هوازی و مکمل اسپیرولینا در بهبود شاخص‌های تن‌سنجی و عوامل خطرزای قلبی و عروقی می‌توان احتمال داد که این دو به‌طور هم‌افزایی باعث بهبود هر چه بیشتر این عوامل در مردان دیابتی می‌شوند.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی مطالعه حاضر نشان داد هشت هفته تمرین هوازی همراه با مصرف مکمل اسپیرولینا می‌تواند از طریق تأثیر مطلوب بر عوامل خطرزای قلبی عروقی و شاخص‌های تن‌سنجی، عامل کارآمدی برای پیشگیری و بهبود شاخص‌های سندروم متابولیک در افراد مبتلا به دیابت شود. لذا ترکیب تمرین هوازی و مصرف مکمل اسپیرولینا مؤثر قلمداد می‌شود، درصورتی‌که هرکدام به‌طور مستقل باعث بهبود ترکیب بدن و عوامل خطرزای قلب عروقی می‌شود. در کل مطالعات اندکی در زمینه مکمل سازی اسپیرولینا به‌طور مستقل در افراد دیابتی انجام‌گرفته است و به دلیل نبود مطالعه‌ای در زمینه تأثیر توأمان این مکمل و تمرین هوازی، مطالعات بیشتری لازم است انجام شود تا نتایج قابل‌تعمیم باشد.

تقدیر و تشکر

در پایان از کلیه بیماران شرکت‌کننده در پژوهش حاضر که همکاری صمیمانه‌ای با پژوهشگران داشتند تشکر و قدردانی می‌گردد.

تضاد منافع

در این مطالعه تضاد منافع وجود ندارد.

منابع

1. Jacobo-Cejudo MG, Valdés-Ramos R, Guadarrama-López AL, Pardo-Morales RV, Martínez-Carrillo BE, Harbige LS. Effect of n-3 polyunsaturated fatty acid supplementation on metabolic and inflammatory biomarkers in type 2 diabetes mellitus patients. Nutrients 2017; 9: 573-588.

2. Meier U, Gressner AM.Endocrine regulation of energy metabolism: review of pathobiochemical and clinical chemical aspects of leptin, ghrelin, adiponectin, and resistin. Clinical Chemistry 2004; 50(9):1511-25.

3. Zimmet P, Alberti K, Shaw J. Global and societal implications of the diabetes epidemic. Nature 2001; 414(6865):782-7.

4. Ghasemi E, Afzalpour M E, Zarban A. Effect of a 10 week high intensity interval training supplemented with green tea on lipid profiles and body composition in overweight women. J Birjand Univ Med Sci. 2016; 23 (3):198-210. (Persian)

5. Talaei B, Mozaffari-Khosravi H, Jalali B, Mahammadi M, Najarzadeh A, Fallahzadeh H. The Effect of Ginger on Blood Glucose, Lipid and Lipoproteins in Patients with Type 2 Diabetes: A Double-Blind Randomized Clinical Controlled Trial. SSU_Journals. 2012; 20(3):383-395.

6. Verges B. Lipid modification in type 2 diabetes: the role of LDL and HDL. Fundam Clin Pharmacol. 2009; 23(6): 681-5.

7. Rabbani N, Chittari MV, Bodmer CW, Zehnder D, Ceriello A, Thornalley PJ. Increased glycation and oxidative diabetes. Diabetes Care 2008; 31(7): 1282-7.

8. Haffner SM, D'Agostino R Jr, Mykanen L, Tracy R, Howard B, Rewers M, et al. Insulin sensitivity in subject with type 2 diabetes: relationship to cardiovascular risk factors: the Insulin Resistance Atherosclerosis Study. Diabetes Care. 1999; 22:562-568.

9. Zeinalian R, Farhangi MA, Shariat A, Saghafi-Asl M. The effects of Spirulina Platensis on anthropometric indices, appetite, lipid profile and serum vascular endothelial growth factor (VEGF) in obese individuals: a randomized double blinded placebo controlled trial. BMC Complementary and Alternative Medicine 2017; 17(1): 225.

10. Hernandez-lepe, M A, Wall-medrano A, Lopez-diaz JA, Juarez-oropeza M A, Hernandez-torres, RP. Effect of Exercise and/or Spirulina maxima On Body Composition In Overweight/obese Human. Medicine & Science in Sports & Exercise 2018; 50(5S): 215.

11. Gupta A, Nair A, Kumria R, Al-Dhubiab BE, Chattopadhyaya I, Gupta SC. Assessment of pharmacokinetic interaction of spirulina with glitazone in a type 2 diabetes rat model. J Med Food. 2013؛ 16(12):1095-100.

12. Carvalho L FD, Moreira J B, Oliveira MS, Costa JAV. Novel Food Supplements Formulated With Spirulina To Meet Athletes' Needs. Brazilian Archives of Biology and Technology 2017; 60:1-11.

13. Fujimoto M, Tsuneyama K, Fujimoto T, Selmi C, Gershwin ME, Shimada Y. Spirulina improves non-alcoholic steatohepatitis, visceral fat macrophage aggregation, and serum leptin in a mouse model of metabolic syndrome. Dig Liver Dis 2012; 44: 767-74.

14. Melander A. Sulfonylurea antidiabetic drugs: an update of their clinical phormacology and rational therapeutic use. Drugs 1989; 37(1): 58-72.

15. Kulas DT, Zhang WR, Goldstein BJ, Furlanetto RW, Mooney RA. Insulin receptor signaling is augmented by antisense in hibition of protein tyrosin phosphatase. J Biol Chem 1995; 770(6):2435-8.

16. Lapolla A, Piarulli F, Sartore G, Ceriello A, Ragazzi E, Reitano. Advanced glycation end products and antioxidant status in type 2 diabetic patients with and without peripheral artery disease. Diabetes Care. 2007؛ 30(3): 670-676.

17. Kim K, Yun SH, Choi BY, Kim MK. Cross-sectional relationship between dietary carbohydrate, glycaemic index, glycaemic load and risk of the metabolic syndrome in a Korean population. British Journal of Nutrition. 2008; 100(03):576-84.

18. Parikh P, Mani U, Iyer U. Role of Spirulina in the Control of Glycemia and Lipidemia in Type 2 Diabetes Mellitus. J Med Food 2001; 4: 193-9.

19. Moura LP, Puga GM, Beck WR, Teixeira IP, Ghezzi AC, Silva GA, Mello MA. Exercise and spirulina control non-alcoholic hepatic steatosis and lipid profile in diabetic Wistar rats. Lipids in health and disease. 2011؛ 10(1): 77.

20. Hozayen, W.G. Mahmoud AM. Soliman HA. Mostafa SR .Spirulina versicolor improves insulin sensitivity and attenuates hyperglycemia-mediated oxidative stress in fructose-fed rats, J Intercult Ethnopharmacol 2016; 55(1):57-64.

21. Ou Y, Lin L, Yang X, Pan Q, Cheng X. Antidiabetic potential of phycocyanin: effects on KKAy mice. Pharm Biol 2013; 51: 539-44.

22. Szulinska M, Gibas-Dorna M, Miller-Kasprzak E, Suliburska J, Miczke A, Walczak-GaUezewska M, et al. Spirulina maxima improves insulin sensitivity, lipid profile, and total antioxidant status in obese patients with well-treated hypertension: a randomized doubleblind placebo-controlled study. Eur Rev Med Pharmacol Sci 2017; 21: 2473-81.

23. Sreenivasa Baba Ch, Alexander G, Kalyani B, Pandey R, Rastogi S, Pandey A, et al. Effect of exercise and dietary modification on serum aminotransferase levels in patients with nonalcoholic steatohepatitis. Journal gastroenterology and hepatology 2006; 21(1): 191-8.

24. Balducci S, Leonetti F, Di MU, Fallucca F. Is along-term aerobic plus resistance trainingprogram feasible for and effective on metabolicprofiles in type 2 diabetic patients? Diabetes Care 2004؛Mar; 27(3): 841-2.

25. Plotnikoff RC, Courneya KS, Trinh L, Karunamuni N, Sigal RJ. Aerobic physical Activity and resistance training: an application of the theory of planned behavior among Adults with type 2 diabetes in a random national sample of Canadians. Int J Behav Nutr Phys Act 2008; 5: 61.

26. Cauza E, Hanusch-Enserer U, Strasser B, Ludvik B, Metz-Schimmerl S, Pacini G, et al. The relative benefits of endurance and strength training on the metabolic factors and muscle function of people with type 2 diabetes mellitus.

Arch Phys Med Rehabil 2005; 86(8): 1527-33.

27. Rahnama N, Nuri R, Rohani H, Shadmehri S, Aghaei N, Saberi Y. Exercise Biochemistry. Isfahan: The University of Isfahan; 2009.307-347 (Persian).

28. Misra A, Alappan NK, Vikram NK, Goel K, Gupta N, Mittal K,. Effect of supervised progressive resistance-exercise training protocol on insulin sensitivity, glycemia, lipids, and body composition in Asian Indians with type 2 diabetes. Diabetes Care 2008; 31(7): 1282-7. 38-32-7.

29. Yang K, Bernardo LM, Sereika SM, Conroy MB, Balk J, Burke LE. Utilization of 3-month yoga program for adults at high risk for type 2 diabetes: a pilot study. Evid Based Complement Alternat Med 2011; 2011: 2578-91.

30. Gaeini AA, Kazemi F, Behzaree A. The effects of excessive aerobic continuous and interval training programs on plasma lipoproteins and serum CRP in women. J Kerman Univ Med Sci 2012; 9: 277-86. (Persian)

31. Almeida MB, Araújo CGS. Effects of aerobic training on heart rate. Revista Brasileira de Medicina do Esporte 2003; 9(2): 113-20.

Cite this article as:
Eskandari M, Pournemati P, Hooshmand Moghadam B, Norouzi J. The Interactive Effect of Aerobic Exercise and Supplementation of Blue-Algae (Spirulina) on Anthropometric Indexes and Cardiovascular Risk Factors in Diabetic Men. Sadra Med Sci J 2020; 8(1): 51-62.