

The Effect of Spirulina Supplement Along with Aerobic, Resistance and High Intensity Interval Training Exercises on Type 2 Diabetes: A Systematic Review

Mahla Jahangir *¹, Anahita Mancher ¹

¹ Department of Humanities and social science, Golestan University, Gorgan, Iran.

Received: 05 May 2023; Accepted: 04 July 2023

Abstract

Nowadays, obesity is one of the biggest challenges and struggles that the public health faces, which is one of the key reasons for the occurrence of many diseases such as type 2 diabetes. Hence, the purpose of this review study is to investigate the effect of various exercise trainings along with spirulina supplementation on weight loss in type 2 diabetes. For this purpose, the keywords "Spirulina" in combination with "Aerobic exercise", "Resistance exercise", "Intense intermittent training" and "Type 2 diabetes" were searched for persian articles. The keywords used to search for foreign articles were "Spirulina" and "Type 2 diabetes" in combination with "High-intensity interval training", "Aerobic training" and "Resistance training". Which were searched in reliable databases such as Sid.ir, Magiran.com, Google scholar and Mega paper from 2001 to 2023. The results indicate that aerobic exercises with spirulina supplementation have led to a decrease in resistin levels, improvement in lipid profile and metabolic status. Also, resistance training along with spirulina supplement leads to increase in irisin levels, decrease in lipocalin-2, decrease in low-density lipoproteins, weight loss, and high-intensity interval training (HIIT) along with this supplement reduces muscle atrophy and lost weight. Therefore, to control or prevent type 2 diabetes, spirulina supplement can be used along with exercise trainings.

Keywords: Spirulina, Type 2 Dabetes, Exercise Training, Supplementation, Obesity

 [20.1001.1.27834603.1402.3.1.7.2](https://doi.org/10.1001.1.27834603.1402.3.1.7.2)

* **Corresponding author:** Student of bachelor in physical education and sports sciences.

Email: m.jahangir99@stu.gu.ac.ir

تاثیر مصرف مکمل اسپیرولینا همراه با تمرینات هوازی، مقاومتی و تناوبی شدید بر

دیابت نوع ۲: یک مرور سیستماتیک

مهلا جهانگیر^{۱*}، آناهیتا منچرا^۱

^۱ دانشجوی کارشناسی رشته علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۳

چکیده

چاقی به عنوان یکی از بزرگترین چالش‌های بهداشت عمومی در قرن حاضر است که زمینه‌ی بروز بسیاری از بیماری‌ها از جمله دیابت نوع ۲ را فراهم می‌کند. از این رو هدف مطالعه‌ی مروری حاضر، بررسی تاثیر تمرینات ورزشی مختلف همراه با مصرف مکمل اسپیرولینا بر کاهش وزن در دیابت نوع ۲ می‌باشد. بدین منظور، برای مقالات فارسی واژه‌های کلیدی «اسپیرولینا» در ترکیب با «تمرین هوازی»، «تمرین مقاومتی»، «تمرین تناوبی شدید» و «دیابت نوع ۲» جست‌وجو شدند. واژه‌های کلیدی مورد استفاده برای جست‌وجوی مقالات خارجی «Spirulina» و «Type 2 diabetes» در ترکیب با «High-intensity interval training»، «Aerobic training» و «Resistance training» بودند؛ که در پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر از جمله Sid.ir، Magiran.com، Google scholar و paper Mega از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ جست‌وجو شدند. نتایج حاکی از آن است که تمرینات هوازی همراه با مصرف مکمل اسپیرولینا منجر به کاهش سطح رزیستین، بهبود نیمرخ لیپیدی و وضعیت متابولیکی شده است. همچنین تمرینات مقاومتی به همراه مصرف مکمل اسپیرولینا منجر به افزایش مقادیر آیریزین، کاهش لیپوکالین-۲، کاهش لیپوپروتئین‌های کم‌چگال، کاهش وزن بدن و تمرینات تناوبی با شدت بالا (High-intensity interval training, HIIT) همراه با مصرف این مکمل موجب کاهش آتروفی عضلانی و کاهش وزن شد. بنابراین به منظور کنترل و یا پیشگیری از دیابت نوع ۲ می‌توان از مکمل‌یاری اسپیرولینا با تمرینات ورزشی بهره برد.

واژه‌های کلیدی: اسپیرولینا، دیابت نوع ۲، تمرین ورزشی، مکمل یاری، چاقی.

 20.1001.1.27834603.1402.3.1.7.2

مقدمه

یکی از بزرگترین چالش‌های بهداشت عمومی جوامع در قرن حاضر، چاقی است و اکثر کشورهای دنیا درگیر عوارض ناشی از آن هستند (۱). چاقی در نتیجه به هم خوردن تعادل بین کالری دریافتی و مصرفی است که کالری‌های مازاد، ابتدا در بافت چربی سفید و نیز به صورت نادرست در کبد، عضلات و لوزالمعده به شکل تری‌گلیسیرید ذخیره و باعث اختلال عملکرد در بافت و مقاومت به انسولین می‌شوند. بافت چربی، مجموعه‌ای از مولکول‌های فعال بیولوژیکی تحت عنوان آدیپوکاین را ترشح می‌کند که نه تنها بر تنظیم متابولیسم انرژی مؤثرند، بلکه در تعامل‌های پیچیده بین بافت چربی و استخوان نیز مداخله می‌کنند. آدیپوکاین‌هایی که از بافت چربی ترشح می‌شوند، عبارتند از: واسپین، لپتین، لیپوکالین، ویسفاتین، آیریزین، گرلین، رزیستین، کمرین، امنتین، نسفاتین-۱ و غیره. بعضی عوامل بیوشیمیایی مترشح از آدیپوسیت‌ها به عنوان شاخص‌های التهابی شناخته شده‌اند که در تنظیم انرژی هزینه‌ای، عملکرد انسولین و بروز برخی اختلالات متابولیک اثر گذارند. یکی از این عوامل لیپوکالین-۲ است که به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مرتبط با چاقی و متابولیسم گلوکز مطرح شده است. میزان لیپوکالین-۲ در خون افراد چاق و دارای اضافه وزن بیشتر از کسانی است که لاغر اندام هستند؛ و احتمال می‌رود که بالا بودن توده‌ی چربی سبب افزایش غلظت این پروتئین در خون افراد چاق می‌شود. به تازگی گزارش شده که این آدیپوکاین با چاقی و مقاومت به انسولین در ارتباط است (۲). چاقی در طولانی مدت و از نوع احشایی، عامل پاتوژنز دیابت می‌باشد. به طوری که، با توجه به نژاد و جنسیت ۵۰ تا ۹۰ درصد بیماران دیابتی نوع ۲ دارای اضافه وزن و چاقی هستند که این آمارها در بیماران مسن بالاتر گزارش شده است (۳). تغییرات ترکیب بدن در ارتباط با سن و شیوع چاقی، ترکیبی از اضافه وزن و آتروفی عضلانی و یا قدرت است (۴) که آتروفی عضله، خود ناشی از تعادل منفی بین میزان سنتز پروتئین انقباضی و تخریب آن می‌باشد (۵). دو علت اساسی چاقی که بی‌حرکی و عدم کنترل اشتها هستند در کنار آتروفی عضلانی مرتبط با سن، زمینه‌ی ایجاد دیابت نوع ۲ را فراهم می‌کنند (۴، ۵). دیابت نوع ۲، یک بیماری غیر واگیردار است که سهم زیادی از هزینه‌ی نیروی انسانی دستگاه بهداشت را به خود اختصاص داده است. اختلال چربی از اختلالات رایج در این بیماری است (۶) و تجمع بافت چربی نیز می‌تواند با ایجاد تغییرات متابولیکی و هورمونی به صورت افزایش مقاومت به انسولین نمایان شود (۳). امروزه اثرات مثبت فعالیت‌های بدنی و تمرینات ورزشی بر سلامت جوامع انسانی و در کنترل یا پیشگیری بسیاری از بیماری‌ها از جمله دیابت ثابت شده است. فعالیت بدنی منجر به تعدیل مقادیر سایتوکاین‌های التهابی شده و به عنوان روشی برای کاهش وزن در نظر گرفته می‌شود (۵). انواعی از تمرینات ورزشی با کاهش تولید آدیپوسایتوکاین‌ها و آزادسازی آن‌ها از بافت‌های مختلف بدن، منجر به کاهش مقادیر میانجی‌های التهابی در بیماران دیابتی و همچنین کنترل این بیماری می‌شوند (۳، ۵). از طرفی، افراد دیابتی به منظور مدیریت بیماری خود، با وجود در دسترس بودن درمان‌های مرسوم به دنبال روش‌های درمانی جایگزین هستند (۳). اسپیرولینا (*Spirulina platensis*),

یک جلبک میکروسکوپی ریز، رشته‌ای (۷) و دارای خواص ضد اکسایشی است که امروزه از آن برای مقاصد درمانی بهره می‌برند (۸). این جلبک دریایی سبز-آبی و تک سلولی (۸) به عنوان یک مکمل غذایی غنی شناخته شده است که محتوی گاما لینولنیک اسید (۹)، پروتئین‌های با ارزش بالا، مواد معدنی، ویتامین‌های بتاکاروتن، ویتامین E (۲)، ویتامین‌های B₁، B₂ و B₆ (۳) و دارای خواص آنتی‌اکسیدانی می‌باشد (۲). Lee و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که مصرف مکمل اسپیرولینا در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲، باعث کاهش سطح پلاسمایی تری‌گلیسرید، کلسترول تام و لیپوپروتئین‌های کم چگال (Low Density Lipoprotein) (Cholesterol, LDL-c) شد و بر متغیرهای التهابی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها تأثیرگذار بود (۱۰). Parikh و همکاران (۲۰۰۱) نیز پیش‌تر گزارش دادند که مصرف دو ماه مکمل اسپیرولینا منجر به کاهش قابل ملاحظه‌ی سطح کلسترول تام (TC) و لیپوپروتئین‌های با چگالی پایین (LDL-c) افراد دیابتی نوع ۲ در گروه مورد مطالعه شده است (۱۱). به نظر می‌رسد که مکمل اسپیرولینا، با افزایش پاکسازی چربی‌های کبدی و احشایی، کاهش سطح لیپتین سرمی و کاهش استرس اکسیداتیو و التهاب، بر کاهش وزن (۷) و ترکیب بدن مؤثر باشد (۱). مزایای هر سه تمرین ورزشی هوازی، مقاومتی و HIIT و همچنین مکمل اسپیرولینا، مشهود است اما این مسئله که هر کدام از این تمرینات به همراه مکمل اسپیرولینا چگونه و تا چه میزان بر کاهش وزن در بیماران دیابتی نوع ۲ اثر گذارند، به خوبی مشخص نیست. لذا هدف از این مطالعه بررسی تاثیر انواعی از تمرینات ورزشی همراه با مصرف مکمل اسپیرولینا بر کاهش وزن در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ می‌باشد.

روش پژوهش

جست‌وجوی کلمات کلیدی «اسپیرولینا» در ترکیب با «تمرین هوازی»، «تمرین مقاومتی»، «تمرین تناوبی» و «دیابت نوع ۲» و همچنین کلمات «Type 2 diabetes» و «Spirulina» در ترکیب با «HIIT»، «Aerobic» و «Resistance» در پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر از جمله Sid.ir، Magiran.com، Google Scholar و Mega Paper تا سال ۲۰۲۳ انجام شد. مقاله‌ی مروری حاضر شامل مقالات پژوهشی و مروری منتشر شده به زبان‌های فارسی و انگلیسی بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ است؛ برای بررسی نهایی، ۲۲ مقاله‌ی مرتبط با موضوع پژوهش حاضر انتخاب شدند.

نتایج

نتایج این پژوهش در سه بخش کلی شامل تمرین هوازی، تمرین مقاومتی، تمرین HIIT و مکمل یاری اسپیرولینا در دیابت نوع ۲ ارائه شده است.

تمرین هوازی و مکمل یاری اسپیرولینا در دیابت نوع ۲

تمرین هوازی در گسترش آمادگی قلبی-عروقی، کاهش وزن و ارتقای هزینه‌ی انرژی موثر می‌باشد (۱۲). یکی از فواید این تمرینات، کنترل قند خون از طریق کاهش مقادیر هموگلوبین گلیکوزیله (Hemoglobin A1c, HbA1c) است که به عنوان پیامد اصلی در درمان دیابت به شمار می‌رود (۱۳). اکبرپور بنی و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی ۴۰ نفر از زنان دارای اضافه وزن و دیابت نوع ۲ را در چهار گروه اسپیرولینا، دارونما، تمرین هوازی+اسپیرولینا و هوازی+دارونما به طور تصادفی تقسیم کردند. برنامه‌ی تمرینی شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن (راه رفتن سریع و دویدن آهسته و حرکات کششی و نرمشی)، بخش اصلی تمرین (دویدن با ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه در جلسه‌ی اول و هر جلسه ۲ درصد به شدت تمرین اضافه شد) و ۱۰ دقیقه سرد کردن (دوی نرم با حرکات کششی و نرمشی) بود. همچنین آزمودنی‌ها روزانه سه کپسول ۵۰۰ میلی گرمی اسپیرولینا را دریافت کردند. مقایسه‌ی نتایج خون‌گیری قبل و بعد از ۶ هفته تمرین، کاهش چشمگیر سطح رزیستین که منجر به کاهش وزن و درصد چربی بدن می‌شود را، در گروه اسپیرولینا نشان داد و در نهایت تاثیر بسزایی در فاکتورهای التهابی زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ داشت (۱۴). در مطالعه‌ی دیگر توسط اکبرپور بنی و همکاران (۲۰۱۹) ۲۸ نفر از زنان دارای اضافه وزن و دیابت نوع ۲ را در گروه‌های هوازی+اسپیرولینا، هوازی+دارونما، اسپیرولینا و دارونما به طور تصادفی تقسیم کردند. نتیجه‌ی نمونه خون این افراد بعد از تمرین (۳ جلسه در هفته به مدت ۶ هفته به صورت ۱۰ دقیقه گرم کردن شامل راه رفتن سریع، دویدن آهسته، حرکات کششی و نرمشی، بخش اصلی تمرین شامل دویدن مداوم با شدت ۶۰ الی ۷۲ درصد حداکثر ضربان قلب، ۱۰ دقیقه سرد کردن شامل اجرای دوی نرم و حرکات کششی و نرمشی) و مصرف روزانه سه کپسول ۵۰۰ میلی گرمی اسپیرولینا، نشان داد که کاهش سطح LDL صرفاً در گروه هوازی+اسپیرولینا اتفاق افتاد که تا حدودی سبب بهبود نیمرخ لیپیدی، کاهش وزن و نیز کنترل بیماری دیابت نوع ۲ شد اما در مجموع تفاوت معناداری در هیچ یک از متغیرها، بین گروه‌ها دیده نشد (۶). در همین راستا سنگاچین و همکاران (۲۰۲۲) نیز ۴۰ مرد مسن دارای اضافه وزن را که به طور تصادفی به پنج گروه کنترل+سالم، اضافه وزن، اضافه وزن+تمرین، اضافه وزن+اسپیرولینا و اضافه وزن+تمرین+اسپیرولینا تقسیم شدند، مورد بررسی قرار دادند. گروه‌های تمرین به مدت هشت هفته و هر هفته پنج جلسه در تمرینات (۱۰ دقیقه گرم و سرد کردن و ۴۰ دقیقه تمرین هوازی شامل پیاده‌روی تدریجی، دوچرخه ثابت و بالا رفتن پله با شدت ۶۵ درصد حداکثر ضربان قلب، که به تدریج شدت آن به ۷۰ تا ۸۵ درصد افزایش پیدا کرد) شرکت کردند. گروه‌های اسپیرولینا و تمرین+اسپیرولینا روزانه دو عدد قرص ۵۰۰ میلی گرمی اسپیرولینا را در صبح و عصر مصرف نمودند. آنالیز آزمایشگاهی نمونه‌های خونی که دو روز قبل و بعد از دوره تمرینی در وضعیت ناشتا گرفته شده بود، نشان داد که تمرین هوازی و اسپیرولینا با تاثیر بر نیمرخ لیپیدی باعث بهبود عملکرد میتوکندری و وضعیت متابولیکی در این افراد می‌شود (۹). طبق گزارش سلیمانی و همکاران (۲۰۱۸) نیز ۳۲ مرد چاق غیر فعال با شاخص توده‌ی

بدنی (Body mass index, BMI) بالای ۳۰ را انتخاب و به طور تصادفی به ۴ گروه تمرین + اسپیرولینا، تمرین + شبه دارو، اسپیرولینا و شبه دارو تقسیم کردند. برنامه تمرینی به صورت ۵ جلسه در هفته و به مدت شش هفته برگزار شد که شامل ۱۰ دقیقه گرم و سرد کردن و تمرینات هوازی با شدت ۵۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب به صورت فزاینده بود که در حالت ایستاده، به مدت ۲۰ تا ۳۰ دقیقه و در حالت نشسته و خوابیده، به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه اجرا شد. آزمودنی‌ها مکمل اسپیرولینا را در طول این دوره، هر هفته در پنج جلسه تمرینی (یک گرم) مصرف کردند. سپس نمونه‌های خونی که در ابتدا و انتهای مطالعه گرفته شده بودند، مورد بررسی قرار گرفتند. این چنین گزارش شد که تمرین هوازی همراه با مصرف مکمل اسپیرولینا از آسیب اکسایشی ناشی از تمرین فزاینده‌ی وامانده‌ساز در مردان چاق غیرفعال می‌تواند پیشگیری کند. در واقع بروز آسیب‌های ناشی از افزایش رادیکال‌های آزاد مزایای تمرینات ورزشی را کاهش خواهد داد، بنابراین برقراری تعادل بین عوامل ضد اکسایشی و رادیکال‌های آزاد برای حفظ سلامتی و دستیابی به اهداف ورزشی مهم می‌باشد (۸). همچنین تمرینات هوازی با کاهش سطح کورتیزول پس از یک فعالیت ورزشی وامانده‌ساز بر کاهش استرس در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ مؤثر می‌باشد (۱۵). مطالعات گسترده‌ای در رابطه با اثر تمرین هوازی به همراه مصرف مکمل اسپیرولینا بر دیابت نوع ۲ انجام شده است. از این رو، می‌توان گفت تمرین هوازی همراه با مصرف مکمل اسپیرولینا با تاثیر مثبت بر عملکرد متابولیکی بدن و کاهش سطح کورتیزول نقش بسزایی در کاهش وزن دارد و در پیشگیری، کنترل و مدیریت بیماری دیابت نوع ۲ نقش اثربخشی را ایفا می‌کند. خلاصه‌ی مطالعات منتشر شده که تاثیر تمرین هوازی به همراه مصرف مکمل اسپیرولینا را در بیماران دیابتی نوع ۲ بررسی کرده‌اند، در جدول شماره یک ذکر شده است.

جدول ۱ خلاصه‌ی مطالعات منتشر شده درباره‌ی تأثیر تمرین هوازی و مکمل یاری اسپیرولینا در دیابت نوع ۲

| آزمودنی | پروتکل تحقیق | نتایج |
|---|---|--|
| زنان دارای اضافه وزن و دیابت نوع ۲ (۱۴) | ۶ هفته تمرین هوازی (با ۶۰٪ ضربان قلب بیشینه، در هر جلسه ۲٪ شدت افزایش یافت) به علاوه‌ی (مصرف کپسول ۵۰۰ میلی گرمی) مکمل اسپیرولینا | کاهش سطح رزیستین تأثیر چشمگیر بر فاکتورهای التهابی |
| زنان دارای اضافه وزن و دیابت نوع ۲ (۶) | ۶ هفته تمرین هوازی (۳ جلسه در هفته با شدت ۶۰ تا ۷۲٪ ضربان قلب بیشینه) به علاوه‌ی (مصرف کپسول ۵۰۰ میلی گرمی) مکمل اسپیرولینا | کاهش سطح LDL بهبود نیمرخ لیپیدی کاهش وزن |
| مردان مسن دارای اضافه وزن (۹) | ۸ هفته تمرین هوازی (۵ جلسه در هفته با شدت ۶۵ تا ۸۵٪ ضربان قلب بیشینه) به علاوه‌ی (مصرف دو عدد قرص ۵۰۰ میلی گرمی) مکمل اسپیرولینا | بهبود عملکرد میتوکندری بهبود وضعیت متابولیکی |
| مردان چاق غیرفعال با BMI بالای ۳۰ (۸) | ۶ هفته تمرین هوازی (۵ جلسه در هفته با ۵۰ تا ۷۰٪ ضربان قلب بیشینه) به علاوه‌ی (مصرف یک گرم) مکمل اسپیرولینا | پیشگیری از آسیب اکسایشی ایجاد تعادل بین عوامل ضد اکسایشی و رادیکال‌های آزاد |

شاخص توده بدنی (Body mass index, BMI)، لیپوپروتئین کم چگال (Low Density Lipoprotein Cholesterol, LDL-c)

تمرین مقاومتی و مکمل یاری اسپیرولینا در دیابت نوع ۲

تمرین مقاومتی، نوعی تمرین برای تحریک دستگاه عصبی عضلانی است که منجر به افزایش اندازه‌ی عضله (۱۲)، قدرت عضلانی، سوخت و ساز پایه (۱۶)، کنترل قند خون و توسعه عملکرد کلیوی بیماران دیابتی نوع ۲ می‌شود (۱۷). در تحقیق دهقانی و همکاران (۲۰۱۹) تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای شامل ۱۲ حرکت در ۱۲ ایستگاه به ترتیب: پرس پا، پرس سینه، پرس سینه شیب دار، پارویی نشسته، لیفت مرده، شکم با زانوی خمیده، کشش از بالا، بلند شدن روی پنجه‌ی پا، پشت ران، پرس شانه، کشش هالتر تا چانه و جلو بازو با هالتر همراه با مصرف مکمل اسپیرولینا مورد بررسی قرار گرفت. تمرینات بر اساس درصدی از یک تکرار بیشینه (One repetition maximum, ۱RM) با شدت‌های خیلی سبک (۴۰٪ ۱RM)، سبک (۶۰٪ ۱RM)، متوسط (۷۵٪ ۱RM) و سنگین (۹۰٪ ۱RM) بر روی ۶۰ مرد دارای اضافه وزن و چاق با دامنه سنی ۳۰ تا ۵۵ سال صورت گرفت که به طور تصادفی در چهار گروه تمرین+ اسپیرولینا، تمرین+ دارونما، اسپیرولینا و دارونما تقسیم شدند. آزمودنی‌ها به مدت هشت هفته، روزانه ۲ عدد کپسول اسپیرولینا ۵۰۰ میلی گرمی را مصرف نمودند. خون‌گیری نیز در دو مرحله پیش از آزمون و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین در مرحله پس از آزمون گرفته شد. نتایج پژوهش نشان داد که تمرینات مقاومتی به همراه مصرف مکمل اسپیرولینا در گروه‌های تمرین+ اسپیرولینا و تمرین+ دارونما سبب افزایش چشمگیر مقادیر پلاسمایی آیریزین شد. از طرفی مقادیر وزن بدن و BMI در گروه‌های تمرین+ اسپیرولینا، تمرین+ دارونما و اسپیرولینا و مقادیر نسبت اندازه‌ی دور کمر به دور لگن (Waist-hip ratio,)

(WHR) در گروه‌های تمرین+ اسپیرولینا و تمرین+ دارونما کاهش قابل توجهی پیدا کرد که منجر به بهبود ترکیب بدن و اختلالات مرتبط با چاقی شد اما مقادیر وزن بدن، BMI، WHR و مقادیر پلاسمای آیریزین در گروه دارونما تغییر چندانی نداشت (۱). در مطالعه‌ای دیگر از دهقانی و همکاران (۲۰۲۱)، ۶۰ نفر از مردان دارای اضافه وزن و چاق به طور هدفمند انتخاب شدند و به صورت تصادفی در چهار گروه تمرین+ اسپیرولینا، تمرین+ دارونما، اسپیرولینا و دارونما قرار گرفتند. آزمودنی‌ها به مدت هشت هفته، هفته‌ای سه جلسه و هر جلسه ۹۰ دقیقه به تمرین مقاومتی (۱۲ حرکت در ۱۲ ایستگاه، شامل: پرس پا، پرس سینه، پرس سینه شیب دار، پارویی نشسته، لیفت مرده، شکم با زانوی خمیده، کشش از بالا، بلند شدن روی پنجه پا، پشت ران، پرس شانه، کشش هالتر تا چانه، جلو بازو با هالتر و با شدت‌های خیلی سبک، سبک، متوسط و سنگین بود) پرداختند. آزمودنی‌های گروه‌های تمرین+ اسپیرولینا، اسپیرولینا هشت هفته روزانه دو عدد کپسول نیم گرمی اسپیرولینا را قبل و بعد از نهار مصرف نمودند. بررسی نتایج خون‌گیری از آزمودنی‌ها که در دو مرحله پیش آزمون و دو شبانه‌روز بعد از آخرین جلسه تمرین گرفته شده بود، نشان داد که مقادیر لیپوکالین-۲ و درصد چربی در گروه تمرین+ اسپیرولینا کاهش و توده خالص بدن افزایش قابل توجهی داشته است، درصد چربی نیز در گروه تمرین+ دارونما کاهش معناداری داشت اما مقادیر لیپوکالین-۲ تغییر چشمگیری نداشت (۲). در همین راستا دهقانی و همکاران (۲۰۲۱) بار دیگر با اجرای همان پروتکل بر روی ۶۰ نفر مرد چاق و دارای اضافه وزن که به روش تصادفی در گروه‌های تمرین+ اسپیرولینا، تمرین+ دارونما، اسپیرولینا و دارونما تقسیم شدند، دریافتند که مقادیر لیپوپروتئین کم‌چگال و تری‌گلیسیرید در گروه تمرین+ اسپیرولینا کاهش معناداری داشته اما مقادیر لیپوپروتئین پرچگال و آلانین آمینو ترانسفراز در گروه تمرین+ اسپیرولینا افزایش پیدا کرده است (۱۸). بنا بر گزارش مقرنسی و همکاران (۲۰۲۳) ۴۴ مرد دارای اضافه وزن به طور هدفمند انتخاب و به طور تصادفی به گروه‌های تمرین+ اسپیرولینا، تمرین+ دارونما، اسپیرولینا و دارونما تقسیم شدند. آزمودنی‌های گروه اسپیرولینا روزانه دو کپسول ۵۰۰ میلی‌گرمی اسپیرولینا دریافت کردند و ۳ جلسه در هفته به مدت هشت هفته به تمرین پرداختند. برنامه‌ی تمرینی مطابق مطالعات گزارش شده‌ی قبلی با ۱۲ حرکت و با رعایت اصل اضافه بار، بر اساس درصدی از ۱RM اجرا شد. استراحت بین حرکات و نوبت‌ها ۱، ۲-۱، ۳-۴ دقیقه به ترتیب برای شدت‌های ۴۰، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درصد ۱RM بود. آن‌ها نیز در شروع و پایان هر جلسه، ۱۰ دقیقه به گرم و سرد کردن با حرکات کششی پرداختند. نتایج خون‌گیری پس از هشت هفته تمرین مشخص کرد که در تمام گروه‌ها به جز دارونما ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی افزایش و مقادیر مالوندی آلدئید کاهش یافته است. این چنین گزارش شد که، مقادیر مالون دی آلدئید و ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی در گروه تمرین+ اسپیرولینا نسبت به دیگر گروه‌ها تفاوت معناداری داشته است. از طرفی، در گروه‌های تمرین+ دارونما و اسپیرولینا تفاوتی چشمگیر در مقادیر مذکور دیده نشد. بنابراین، تمرین مقاومتی به همراه مکمل اسپیرولینا می‌تواند از فشارهای اکسایشی ناشی از اضافه وزن و فعالیت ورزشی جلوگیری کند (۱۹). به نظر می‌رسد که اسپیرولینا

توأم با تمرینات مقاومتی، با افزایش مقادیر پلاسمایی آیریزین، کاهش وزن بدن، مقادیر لیپوکالین-۲ و مالون دی آلدید منجر به بهبود برخی شاخص‌های نیمرخ متابولیکی و فشار اکسایشی می‌شود که در کنترل وزن، بهبود ترکیب بدن و اختلالات مرتبط با چاقی مؤثر است. می‌توان چنین گفت که، هر کدام به تنهایی (تمرین مقاومتی و اسپیرولینا) ممکن است اثرات بسزایی بر این فاکتورها نداشته باشند ولیکن اگر همراه با هم اعمال شوند، اثرات شایان توجهی خواهند داشت. خلاصه‌ی مطالعات منتشر شده که تأثیر تمرین مقاومتی به همراه مصرف مکمل اسپیرولینا را در بیماران دیابتی نوع ۲ بررسی کرده‌اند، در جدول شماره دو ذکر شده است.

جدول ۲ خلاصه مطالعات منتشر شده درباره‌ی تأثیر تمرین مقاومتی و مکمل یاری اسپیرولینا در دیابت نوع ۲

| آزمودنی | پروتکل تحقیق | نتایج |
|----------------------------------|---|---|
| مردان دارای اضافه وزن و چاق (۱) | ۸ هفته تمرین مقاومتی (با شدت ۴۰ تا ۹۰٪ ۱RM) به علاوه (مصرف ۲ عدد کپسول ۵۰۰ میلی گرمی) مکمل اسپیرولینا | افزایش مقادیر پلاسمایی آیریزین کاهش وزن بدن، شاخص توده بدنی و نسبت اندازه‌ی دور کمر به دور لگن بهبود ترکیب بدن و اختلالات مرتبط با چاقی |
| مردان دارای اضافه وزن و چاق (۲) | ۸ هفته تمرین مقاومتی (۳ جلسه در هفته با شدت‌های خیلی سبک، سبک، متوسط و سنگین) به علاوه (مصرف ۲ عدد کپسول نیم گرمی) مکمل اسپیرولینا | کاهش لیپوکالین-۲ افزایش معنادار توده خالص بدن |
| مردان دارای اضافه وزن و چاق (۱۸) | ۸ هفته تمرین مقاومتی (۳ جلسه در هفته با شدت‌های خیلی سبک، سبک، متوسط و سنگین) به علاوه (مصرف دو کپسول نیم گرمی) مکمل اسپیرولینا | کاهش لیپوپروتئین کم‌چگال کاهش تری گلیسیرید افزایش لیپوپروتئین پرچگال افزایش آلانین آمینو ترانسفراز |
| مردان دارای اضافه وزن (۱۹) | ۸ هفته تمرین مقاومتی (۳ جلسه در هفته با شدت ۴۰ تا ۹۰٪ ۱RM) به علاوه (مصرف دو کپسول ۵۰۰ میلی گرمی) مکمل اسپیرولینا | کاهش مالون دی آلدید افزایش معنادار ظرفیت تام آنتی اکسیدانی |

یک تکرار بیشینه (One repetition maximum, ۱RM)

تمرین HIIT و مکمل یاری اسپیرولینا در دیابت نوع ۲

تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) نوعی از تمرینات ورزشی و شامل دوره‌های تمرین تکراری شدید می‌باشند که توسط دوره‌های استراحتی از هم جدا می‌شوند (۲۰). همچنین مصرف انرژی این تمرینات بالا است و آمادگی هوازی را بهبود می‌بخشد (۲۱). طبق گزارشات عسکری و همکاران (۲۰۲۲) ۴۰ سر رت نر نژاد ویستار ۲۰ ماهه خریداری شدند و به مدت هشت هفته تحت رژیم غذای پر چرب قرار گرفتند، سپس دیابت القاء شد. آنها به صورت تصادفی به گروه‌های تمرین، تمرین + مکمل، مکمل، شم (دیابتی کنترل همراه با مصرف دارونما) و گروه کنترل سالم تقسیم شدند. تمرین به مدت هشت هفته و هر هفته ۵ جلسه تمرین (شامل ۵ دقیقه گرم کردن با شدت ۴۰ تا ۵۰ درصد سرعت بیشینه دویدن روی تردمیل، بخش اصلی تمرین ۳۰ ثانیه دویدن روی تردمیل با ۹۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی، ۵ دقیقه سرد کردن با شدت ۲۰ تا ۳۰ درصد سرعت بیشینه) انجام شد. به طوری که در هفته اول این تمرینات با ۵ تکرار و هر هفته یک تکرار به آن اضافه شد. پودر اسپیرولینا نیز در هر جلسه تمرین به میزان ۵۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن پس از رقیق سازی با محلول نرمال سالین به آن‌ها خوراندند. نتایج خون‌گیری که ۲۴ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین انجام شد تفاوت قابل ملاحظه‌ای را در غلظت گلوکز ناشتا، انسولین و مقاومت به انسولین بین گروه‌های مورد مطالعه نشان داد. غلظت گلوکز ناشتا در گروه تمرین + مکمل نسبت به گروه‌های دیگر کاهش بیشتر و مقادیر انسولین افزایش چشمگیری داشت. تفاوت معناداری در مقادیر گلوکز ناشتا و انسولین بین گروه‌های تمرین و مکمل دیده نشد. وزن رت‌ها نیز در گروه‌های تمرین، مکمل و تمرین + مکمل کاهش بیشتری نسبت به گروه‌های شم و کنترل داشت. اما در گروه تمرین + مکمل این کاهش وزن نسبت به گروه کنترل و شم بیشتر بود (۳). در مطالعه‌ای دیگر توسط عسکری و همکاران (۲۰۲۱) ۴۰ سر رت نر مسن دیابتی برای پژوهش انتخاب شدند و به صورت تصادفی به پنج گروه HIIT + دارونما، HIIT + مکمل، مکمل، شم (شاهد مبتلا به دیابت) و شاهد سالم تقسیم شدند. پروتکل تمرینی، مصرف مکمل اسپیرولینا و خون‌گیری مشابه مطالعه پیشین بود. این چنین گزارش شد که توده‌ی عضله‌ی نعلی نسبت به گروه شاهد تنها در گروه‌های HIIT، HIIT + مکمل به طور معناداری افزایش یافت اما توده‌ی بدنی علاوه بر گروه مکمل + HIIT در گروه‌های مکمل و HIIT نیز کاهش پیدا کرد (۵). همچنین رئیسی و همکاران (۲۰۲۰) مطالعه‌ای بر روی ۳۰ نفر از دانشجویان غیرفعال انجام دادند و آنها را به سه گروه HIIT + دارونما، HIIT + اسپیرولینا و اسپیرولینا تقسیم کردند. آزمودنی‌های گروه تمرین، ۳ جلسه در هفته به مدت هشت هفته تمرین HIIT با شدت ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه را انجام دادند. هر جلسه تمرین شامل ۵ تا ۱۰ دقیقه گرم کردن، ۳۰ ثانیه تمرین اصلی (دویدن)، ۳۰ ثانیه استراحت فعال (راه رفتن) و ۵ تا ۱۰ دقیقه سرد کردن بود. افراد گروه‌های مکمل، روزانه ۶ گرم پودر اسپیرولینا به صورت محلول در آب دریافت کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی ($VO_2 \max$) و توده‌ی بدون چربی در هر سه گروه چشمگیر بود. نکته‌ی قابل توجه

این است که، مقادیر BMI، WHR و درصد چربی بدن نه تنها در گروه HIIT+ اسپیرولینا بلکه در گروه‌های HIIT+ دارونما و اسپیرولینا کاهش معناداری داشت (۷). در پژوهش فتحی و همکاران (۲۰۲۳) نیز، ۴۲ موش صحرایی نر پیر نژاد ویستار و مبتلا به دیابت نوع ۲ به طور تصادفی در ۷ گروه هوازی، مقاومتی، اینتروال، هوازی+ مکمل، مقاومتی+ مکمل، اینتروال+ مکمل و کنترل تقسیم شدند. آنها ۵ روز در هفته به مدت هشت هفته به تمرین با تردمیل و نردبان جوندگان پرداختند. گروه تمرین اینتروال، روزانه ۲۵ دقیقه به تمرین با تردمیل پرداختند که تمرینات آنها شامل ۵ دقیقه گرم کردن، چهار وهله‌ی ۴ دقیقه‌ای تمرین اصلی شامل ۳ دقیقه با شدت بالا (حدود $VO_2 \max$ ٪۹۰) و ۱ دقیقه با شدت کم (حدود $VO_2 \max$ ٪۳۵) و ۵ دقیقه سرد کردن بود. تمرین مقاومتی شامل بالا رفتن با حمل بار از نردبان یک متری با ۲۶ پله، شیب ۸۵ درجه و فاصله‌ی ۲ سانتی‌متری بین پله‌ها بود که ۱۵ مرتبه تکرار شد و موش‌ها پس از هر ۲ مرتبه بالا رفتن، ۱ دقیقه استراحت کردند. تمرین هوازی شامل دویدن روی تردمیل (با شدت ۴۰ تا ۶۰٪ حداکثر سرعت دویدن) و با شیب صفر بود. زمان تمرین نیز در هفته‌ی اول ۱۸ دقیقه بود که به تدریج تا هفته‌ی چهارم به ۶۰ دقیقه رسید و تا هفته‌ی هشتم با همین مدت زمان، اجرا شد. گروه‌های مکمل روزانه ۱۵ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن، مکمل اسپیرولینا را دریافت کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که مقادیر توده‌ی بدنی در هر سه گروه تمرینی همراه با مکمل و بدون مکمل به طور مشخصی کاهش یافت. با این حال، بررسی مدل هموستاتیک مقاومت به انسولین (-Homeostasis model assessment-insulin resistance, HOMA-IR) در گروه تمرین مقاومتی+ مکمل نسبت به اینتروال+ مکمل، کاهش معنادارتری را نشان داد (۲۲). به نظر می‌رسد که مصرف مکمل اسپیرولینا همراه با اجرای HIIT به دلیل ارتباط عوامل کاهنده قند خون و وزن بدن، همچنین کاهش آتروفی و افزایش سلامت عضلانی، موجب کنترل دیابت می‌شود. خلاصه‌ی مطالعات منتشر شده که تاثیر تمرین HIIT به همراه مصرف مکمل اسپیرولینا را در بیماران دیابتی نوع ۲ بررسی کرده‌اند، در جدول شماره سه ذکر شده است.

جدول ۳ خلاصه مطالعات منتشر شده درباره‌ی تأثیر تمرین HIIT و مکمل یاری اسپیرولینا در دیابت نوع ۲

| آزمودنی | پروتکل تحقیق | نتایج |
|-------------------------------------|---|---|
| رت‌های نر دیابتی نژاد ویستار (۳) | ۸ هفته تمرین HIIT (۵ جلسه در هفته با شدت ۹۰٪ حداکثر اکسیژن مصرفی) به علاوه‌ی (مصرف ۵۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) مکمل اسپیرولینا | کاهش غلظت گلوکز ناشتا افزایش معنادار انسولین کاهش وزن |
| رت‌های نر مسن دیابتی (۵) | ۸ هفته تمرین HIIT (۵ جلسه در هفته با شدت ۹۰٪ حداکثر اکسیژن مصرفی) به علاوه‌ی (مصرف ۵۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) مکمل اسپیرولینا | افزایش معنادار توده‌ی عضله‌ی نعلی کاهش معنادار توده‌ی بدنی |
| دانشجویان غیرفعال (۷) | ۸ هفته تمرین HIIT (۳ جلسه در هفته با شدت ۹۰٪ ضربان قلب بیشینه) به علاوه‌ی (مصرف ۶ گرم) مکمل اسپیرولینا | افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی و توده‌ی بدون چربی |
| موش‌های مسن دیابتی (۲۲) | ۸ هفته تمرین HIIT (۵ روز در هفته با شدت ۳۵ تا ۹۰٪ حداکثر اکسیژن مصرفی) به علاوه‌ی (مصرف ۱۵ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) مکمل اسپیرولینا | کاهش معنادار توده‌ی بدنی |

تمرین تناوبی شدید (High-intensity interval training, HIIT)

بحث و نتیجه‌گیری

می‌توان گفت اسپیرولینا با اثرگذاری بر هورمون‌های ترشح شده از روده به کاهش وزن کمک کرده (۴) و به عنوان یک مکمل آنتی‌اکسیدانی در تعدیل شاخص‌های استرس اکسیداتیو نقش مؤثری دارد (۸). نتایج نشان می‌دهد که مصرف مکمل اسپیرولینا در کنار تمرینات هوازی سبب کاهش سطح رزیستین (۱۴)، بهبود عملکرد میتوکندری (۹) و همچنین برخی عوامل قلبی-عروقی خطرناک که زمینه ساز دیابت نوع ۲ هستند، شده است (۶). از طرفی، اجرای تمرینات مقاومتی در کنار مصرف مکمل اسپیرولینا می‌تواند با کاهش مقادیر لیپوکالین-۲ (۲) و افزایش مقادیر پلاسمایی آیریزین بر کاهش وزن بدن (۱) و متابولیسم لیپیدها، مخصوصاً چربی زیرپوستی و احشایی در افراد چاق مؤثر باشد (۱۸). HIIT و مکمل یاری اسپیرولینا، می‌تواند با تغییر در بیان ژن‌ها و عوامل درگیر در مسیرهای التهاب و آتروفی عضلانی موجب تعدیل آتروفی ناشی از بالا رفتن سن و دیابت شود (۵). در برخی موارد چنین به نظر می‌رسد که تمرینات ورزشی مورد مطالعه اعم از هوازی، مقاومتی و HIIT و همچنین مکمل اسپیرولینا، به تنهایی تأثیر بسزایی در کاهش وزن و بهبود عملکرد متابولیکی ندارند اما همان طور که پیش‌تر گزارش شد، به کارگیری این تمرینات ورزشی به همراه مصرف مکمل اسپیرولینا می‌تواند موثر واقع شود. بنابراین توصیه می‌شود جهت بهره‌مندی بیشتر، مکمل اسپیرولینا به موازات

برنامه‌ی تمرینات ورزشی به کار گرفته شود. در پایان، با بررسی پیشینه‌ی تحقیق مشاهده کردیم سه تمرین هوازی، مقاومتی و HIIT هر کدام به تنهایی، به همراه اسپیرولینا منجر به کاهش وزن در افراد دیابتی نوع ۲ می‌شود. لذا پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی با کارآزمایی بالینی در افراد دیابتی نوع ۲، این سه تمرین (هوازی، مقاومتی و HIIT) همراه با مکمل‌یاری اسپیرولینا برای دستیابی به نتایج بیشتر، مورد آزمایش قرار گیرند.

تقدیر و تشکر

از سرکار خانم دکتر فاطمه اسلامی بابت همراهی و یاری ایشان در روند تکمیل این مقاله کمال تشکر و قدردانی را به جا می‌آوریم.

حامی مالی

این مقاله حامی مالی ندارد.

تعارض منافع

در این مقاله، تعارض منافع وجود ندارد.

منابع

1. Dehghani K, Mogharnasi M, Saghebjo M, Sarir H, Malekaneh M. The Effect of Eight Weeks of Circuit Resistance Training and Spirulina Supplementation on Plasma Levels of Irisin and Some Body Composition in Overweight and Obese Men. *Armaghane Danesh*, 2020;25(3):332–45.[Available from: <https://armaghanj.yums.ac.ir/article-1-2650-en.html>]
2. Dehghani K, Mogharnasi M, Saghebjo M, Sarir H, Malekaneh M. Changes in lipocalin-2 levels after resistance training (RT) and consumption of spirulina microalgae in overweight and obese men. *Feyz*, 2021;25(5):1184–93. [Available from: <http://feyz.kaums.ac.ir/article-1-4422-en.html>]
3. Azarniveh MS, Askari R, Haghghi AH. The Effect of Eight Weeks of High-Intensity Interval Exercise with Spirulina Supplementation on Weight Changes and Glycemic Indices in Obese Elderly Diabetic Rats. *Razi J Med Sci*, 2022;29(1):10–22.
4. Babaei M, Abdi A, Mehrabani J, Abbassi Dalooi A. Protective Effect of Aerobic Training and Spirulina on Ghrelin and Obestatin in Overweight Elderly Men Mostafa. *J Isfahan Med Sch*,

- 2022;40(679):509–16.
5. Azarniveh MS, Askari R, Haghighi AH. The Effect of High-Intensity Intermittent Training with Spirulina Powder on Changes in Gene Expression of Inflammation and Atrophy in the Soleus Muscle of Obese Elderly Diabetic Rats. *J Isfahan Med Sch*, 2022;39(652):922–33.
 6. Akbarpour M, Mehrabizadeh E. The Effect of Aerobic Exercise and Spirulina Supplementation on Some Cardiovascular Risk Factors in Overweight Women with Type 2 Diabetes. *Sport Biosci*, 2020 Mar 1;12(2):207–22. [Available from: <http://goums.ac.ir/jorjanijournal/article-1-715-en.html>]
 7. Eyni Gandomani E, Reisi jalil. Effect of 8 weeks high intensity interval training and spirulina supplementation on humoral immune system and body composition in overweight women. *Metab Exerc*, 2020;10(2):165–82.
 8. Soleimani S, Tofighi A, Babaei S. Effect of six weeks aerobic training accompanied by dietary supplementation of spirulina on Oxidative stress index in obese inactive men followed by one session exhaustive exercise. *J Appl Heal Stud Sport Physiol*, 2018;5(2):36–44. [Available from: <https://www.sid.ir/paper/269308/fa>]
 9. Raoufi Sangachin A, Abdi A, Barari A. Effect of aerobic training and spirulina supplementation on mitochondrial- derived peptides in overweight elderly men. *Daneshvar Med*, 2022 Mar;30(2):12–23. [Available from: <http://goums.ac.ir/jorjanijournal/article-1-871-en.html>]
 10. Lee EH, Park J-E, Choi Y-J, Huh K-B, Kim W-Y. A randomized study to establish the effects of spirulina in type 2 diabetes mellitus patients. *Nutr Res Pract*, 2008;2(4):295–300. [Available from: <https://e-nrp.org/DOIx.php?id=10.4162/nrp.2008.2.4.295>]
 11. 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 Dec;4(4):193–9. [Doi: 10.1089/10966200152744463]
 12. Islami F, Saghebjo M. Effectiveness of Home-Based Exercise Training on Cardiovascular Patients : A Systematic Review. *Sport Physiol*, 2023;14(56):17–50. [In Persian]
 13. Delevatti RS, Bracht CG, Lisboa SDC, Costa RR, Marson EC, Netto N, et al. The Role of Aerobic Training Variables Progression on Glycemic Control of Patients with Type 2 Diabetes: a Systematic Review with Meta-analysis. *Sport Med - Open*, 2019;5(22):1–17. [Available from: [۷۵](https://sportsmedicine-open.springeropen.com/articles/10.1186/s40798-</div><div data-bbox=)

019-0194-z] [In Persian]

14. Akbarpour M, Samari Z. The effect of aerobic training and Spirulina supplementation on Resistin and C-reactive protein in women with type 2 diabetes with overweight. *KAUMS J*, 2020;24(5):576–84. [Available from: https://feyz.kaums.ac.ir/browse.php?a_id=4001%5C&sid=1%5C&slc_lang=en]
15. Akbarpour M, Ebrahimzadeh ZS. Effect of spirulina supplementation and aerobic exercise on the level of Cortisol and body composition in women with type 2 diabetes. *Adv Life Sci*, 2019;6(3):116–24. [In Persian]
16. Miladi Ghomi H, Abedi B, Ramezani S. The effect of a period of circular resistance training on serum perptin levels and insulin resistance in men with type 2 diabetes. *Sport Biosci*, 2021;13(3):383–98. [In Persian]
17. Moghadasi M, Mortazavi Imami N. Effect of 8 weeks resistance training on glomerular filtration rate and CD5 antigen-like of male patients with type 2 diabetes. *Metab Exerc*, 2022;11(2):15–28. [In Persian]
18. Dehghani K, Mogharnasi M, Saghebjo M, Malekaneh M, Hadi S. Effect of Spirulina platensis green-blue algae consumption, and circuit resistance training (CRT) on lipid profile in overweight and obese middle-aged men. *J Birjand Univ Med Sci*, 2021 Sep;28(3):248–59. [Available from: <http://journal.bums.ac.ir/article-1-3012-en.html>] [In Persian]
19. Izadmehr MR, Mogharnasi M, Saghebjo M, Zarban A. The effect of resistance training combined with spirulina consumption on malondialdehyde and total antioxidant capacity in overweight and obese men. *J Appl Heal Stud Sport Physiol*, 2023;10(1):39–49.
20. Khodadadi S, Hassani A, Naderi A. Effect of 4 Weeks HIIT with Spirulina Supplementation Intake on Plasma Total Antioxidant Capacity (TAC) and Lipid Peroxidation (MDA) in Women with Type 2 Diabetes. *Iran J diabetes Obes*, 2022 Nov 29;14(4):210–8. [Available from: <https://publish.kne-publishing.com/index.php/IJDO/article/view/11228>] [In Persian]
21. Soheili F, Azizi M, Soori R, Tahmasebi W. The effect of 6 weeks high intensity interval training (HIIT) on expression of PTP-1B in muscle tissue in type 2 diabetic rats. *Metab Exerc*, 2018;7(2):125–35.
22. Fathi M, Rashidlamir A, Khairabadi S, Hejazi K. The effect of high-intensity interval, aerobic, resistance and spirulina supplement consumption on levels of UCP-1, TRPV1 and HOMA-IR in the white adipose tissue of diabetic rats. *Vet Arh*, 2023 May 24;93(1):97–116

[Available from: <http://vetarhiv.vef.unizg.hr/papers/2023-93-1-9.pdf>]