

بررسی تأثیر تجویز همزمان رژیم غذایی کاهش وزن و مکمل جلبک اسپیرولینا بر شاخص‌های تن‌سنجی و شاخص‌های گلاسیمی در بزرگسالان مبتلا به اضافه وزن یا چاقی: کارآزمایی بالینی تصادفی دوسوکور

ریحانه یوسفی^۱، دکتر آتوسا سعیدپور^۱، دکتر آزاده متقی^۲

۱) گروه تغذیه‌ی بالینی و رژیم درمانی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران، ۲) مرکز تحقیقات پیشگیری از بیماری‌های قلب و عروق، پژوهشکده غدد و متابولیسم، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران، نشانی مکاتبه‌ی نویسندگی مسئول: مرکز تحقیقات پیشگیری از بیماری‌های قلب و عروق، پژوهشکده غدد و متابولیسم، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران، دکتر آزاده متقی؛ e-mail: Mottaghi.a@iums.ac.ir

چکیده

مقدمه: برخی مطالعات انسانی مصرف مکمل اسپیرولینا را در بهبود شاخص‌های تن‌سنجی موثر دانسته‌اند. مطالعه‌ی حاضر نیز با هدف بررسی اثرات تجویز همزمان رژیم غذایی کاهش وزن و مکمل جلبک اسپیرولینا بر روی این شاخص‌ها و متابولیسم گلوکز در بزرگسالان چاق و دارای اضافه وزن انجام شد. **مواد و روش‌ها:** ۵۲ نفر به طور تصادفی به مدت ۱۲ هفته، به دو گروه مورد (دریافت‌کننده روزانه ۲ گرم اسپیرولینا) و شاهد (دریافت‌کننده دارونما) تقسیم شدند. بررسی داده‌های تن‌سنجی و شاخص‌های گلاسیمی شامل قند خون ناشتا، انسولین و ارزیابی مدل هموستازیس مقاومت به انسولین در ابتدا و انتهای مطالعه انجام شد. **یافته‌ها:** تعداد ۳۸ نفر از شرکت‌کنندگان (۳۱ نفر زن) با میانگین سنی ۴۰ سال و نمایه‌ی توده بدن ۳۲/۹ کیلوگرم بر مترمربع مطالعه را به پایان رساندند. در گروه دریافت‌کننده اسپیرولینا کاهش وزن بدن و نمایه توده بدن در پایان مطالعه به طور معنی‌داری بیشتر از گروه شاهد بود، میزان تغییرات در گروه اسپیرولینا و شاهد به ترتیب $1/97 \pm 3/22$ کیلوگرم در مقابل $1/86 \pm 1/45$ کیلوگرم و $0/79 \pm 1/23$ کیلوگرم بر مترمربع در مقابل $0/68 \pm 0/63$ کیلوگرم بر مترمربع بوده است (به ترتیب، $P=0/01$ و $P=0/08$). کاهش چربی بدن نیز در گروه اسپیرولینا نسبت به شاهد به طور معنی‌داری بیشتر بود ($2/28 \pm 1/74$ کیلوگرم در مقابل $1/55 \pm 1/22$ کیلوگرم، $P=0/01$). به علاوه پس از پایان دوره‌ی مداخله، کاهش مقاومت به انسولین در گروه اسپیرولینا نزدیک معنی‌داری گزارش شد ($P=0/05$). **نتیجه‌گیری:** دریافت مکمل جلبک اسپیرولینا می‌تواند کاهش وزن بدن و بهبود خفیف مقاومت به انسولین را به دنبال داشته باشد، که احتمالاً بیانگر اثر هم‌افزایی جلبک اسپیرولینا همراه با رژیم غذایی کاهش وزن می‌باشد.

واژگان کلیدی: اسپیرولینا، چاقی، مقاومت به انسولین

دریافت مقاله: ۹۶/۹/۲۹ - دریافت اصلاحیه: ۹۶/۱۱/۳۰ - پذیرش مقاله: ۹۶/۱۱/۳۰

شماره ثبت در مرکز کارآزمایی بالینی ایران (irct.ir): IRCT2016101615968N4

شماره ثبت در مرکز کارآزمایی بالینی آمریکا (clinicaltrials.gov): NCT02993627

مقدمه

فراهم می‌کند^۱ و به دنبال آن اختلال در متابولیسم گلوکز و مقاومت به انسولین ایجاد می‌شود^۲ که در طول زمان زمینه ساز پیدایش بیماری‌هایی مانند دیابت نوع ۲ است.^{۳،۴} از طرفی، با توجه به این که شیوع سندرم متابولیک و مقاومت

چاقی از طریق تجمع و ترشح سیتوکین‌های التهابی از بافت چربی، زمینه ایجاد التهاب مزمن و استرس اکسیداتیو را

مقاومت به انسولین - Homeostatic Model Assessment- (HOMA-IR) (Insulin resistance) در افراد مبتلا به چاقی انجام خواهد شد.

مواد و روش‌ها

شرکت‌کنندگان در مطالعه

مطالعه حاضر، از آذر تا اسفند ماه سال ۹۵ انجام شد. شرکت‌کنندگان از میان مراجعین کلینیک تغذیه و رژیم درمانی دانشکده تغذیه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، که دارای نمایه توده بدن (BMI) (body mass index) بزرگ‌تر یا مساوی ۲۵ کیلوگرم بر مترمربع و کوچکتر از ۴۰ کیلوگرم بر مترمربع و دارای ۲۰ تا ۶۰ سال سن بودند، انتخاب شدند. شرکت‌کنندگان نباید در شروع مطالعه هرگونه دارو یا مکمل مؤثر بر کاهش وزن، مولتی ویتامین یا هر مکمل غذایی فراسودمند و داروهای کاهنده‌ی چربی یا قند خون مصرف می‌کردند. افراد مبتلا به بیماری‌های التهابی خودایمنی مانند مالیتیل اسکروزیس، آرتریت روماتوئید و غیره، بیماری‌های مزمن کلیوی یا کبدی به جز کبد چرب غیر الکلی، بیماری‌های عفونی، سندرم کوشینگ، دیابت یا اختلالات غده تیروئید و افراد باردار و شیرده وارد مطالعه نشدند. همچنین افراد دارای رژیم‌های غذایی کاهش وزن تا ۶ ماه پیش از شروع مداخله و دارای تغییرات وزن بیش از ۳ کیلوگرم در ۲ ماه گذشته هم وارد مطالعه نشدند. تعداد نمونه لازم جهت انجام این مطالعه بر مبنای کاهش مورد انتظار BMI در گروه دریافت‌کننده اسپیرولینا بر اساس مطالعات پیشین، به میزان حداقل ۱/۹ واحد و با در نظر گرفتن انحراف معیار ۳/۱ واحد، با توان ۸۰ درصد و سطح اطمینان ۹۵ درصد محاسبه شد.^{۱۷} بر این اساس، حجم نمونه معادل ۲۱ نفر در هر گروه به دست آمد که با در نظر گرفتن حدود ۲۰ درصد ریزش نمونه‌ها، حجم نمونه در هر گروه ۲۵ نفر برآورد شد. شرکت‌کنندگان در این مطالعه از میان مراجعین کلینیک تغذیه و رژیم درمانی دانشگاه شهید بهشتی انتخاب شدند. رضایت‌نامه‌ی کتبی پس از توضیح کامل مراحل و اهداف مطالعه، از تمام شرکت‌کنندگان اخذ شد. پروتکل مطالعه در کمیته پژوهشی اخلاق انستیتو تحقیقات تغذیه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی با کد اخلاق IR.SBMU.nnftri.Rec.1395.63 ثبت شد. هم چنین این کارآزمایی در مرکز ثبت کارآزمایی‌های بالینی ایران و

به انسولین در بیماران دچار چاقی بسیار قابل توجه است،^{۱۸} در چنین شرایطی کنترل چاقی و پیامدهای آن در راستای ارتقای سلامت و پیشگیری از بیماری‌های مزمن بسیار مؤثر خواهد بود.^{۱۹} بنابراین وجود مداخله‌ای مؤثر که بتواند به طور هم‌زمان باعث بهبودی شاخص‌های تن‌سنجی و مقاومت به انسولین شود، برای موفقیت در پیشرفت کاهش وزن و پیشگیری از عوارض چاقی در این گروه از افراد بسیار مفید است. امروزه توجه ویژه‌ای به ترکیبات گیاهی و طب مکمل برای درمان چاقی شده است؛^{۲۰} جلبک اسپیرولینا نیز در این میان بسیار مورد توجه محققین قرار گرفته است.

اسپیرولینا به واسطه‌ی ترکیب مواد مغذی آن، اثرات درمانی و هم چنین مسمومیت‌زایی اندک، به عنوان ماده‌ای غذایی فراسودمند، معرفی شده است.^{۲۱-۲۳} اسپیرولینا سرشار از آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند فیکوسیانین، توکوفرول، بتا-کاروتن و ترکیبات فنولی، املاحی مانند پتاسیم، سدیم، کلسیم، آهن، روی، منیزیم، کروم، مس، منگنز، فسفر و سلنیوم، ویتامین‌هایی مانند بی ۱، ۲، ۳، ۶، ۹، سی، دی، ای و به ویژه ویتامین بی ۱۲ است.^{۲۴-۲۵} براساس نتایج حاصل از تعداد محدودی از مطالعات انسانی که اثر دریافت مکمل اسپیرولینا را بر وزن بدن بررسی کردند، این مداخله باعث بهبود وزن بدن و شاخص‌های تن‌سنجی شد.^{۲۶،۲۷} به نظر می‌رسد که اسپیرولینا از طریق افزایش پاکسازی چربی احشایی و کبدی توسط ماکروفاژها، کاهش لیپتین سرم و کاهش استرس اکسیداتیو و التهاب، بر کاهش اضافه وزن و چربی بدن مؤثر است.^{۲۸} علاوه بر این نقش اسپیرولینا در بهبود مقاومت به انسولین نیز مورد بحث است.^{۲۹،۳۰} با توجه به اینکه چاقی شکمی باعث تولید سطح بالایی از اینترلوکین-۶ (Interleukin-6, IL-6) شده و در مسیرهای سلولی اثرگذاری انسولین ممانعت ایجاد می‌کند، در حال حاضر پیشنهاد شده است که اگر مکمل‌یاری با اسپیرولینا منجر به کاهش چاقی شکمی و افزایش توده بدون چربی شود، در کاهش سطح قند خون نیز مؤثر خواهد بود.^{۳۱}

بنابراین، با توجه به اهمیت، شیوع و پیامدهای ابتلا به چاقی و در نظر گرفتن عدم وجود عوارض جانبی برای مکمل‌یاری با جلبک اسپیرولینا^{۳۲} و محدود بودن تعداد مطالعات انسانی انجام شده در این زمینه، مطالعه‌ی پیش رو با هدف بررسی اثر تجویز هم‌زمان رژیم غذایی کاهش وزن و مکمل جلبک اسپیرولینا بر روی شاخص‌های تن‌سنجی و گلاسیمی شامل قند خون ناشتا، انسولین و مدل هموستازیس

آمریکا به ترتیب با کدهای IRCT2016101615968N4 و NCT02993627 ثبت گردید.

طراحی مطالعه

در این مطالعه محدوده نمایه توده بدنی ۲۵ تا ۲۹/۹ کیلوگرم بر مترمربع به عنوان معیار اضافه وزن و محدوده بین ۳۰ تا ۳۹/۹ کیلوگرم بر مترمربع به عنوان معیار چاقی در نظر گرفته شد.^{۲۲} این مطالعه یک کارآزمایی بالینی تصادفی دوسوکور می‌باشد که در آن شرکت‌کنندگان به روش تقسیم تصادفی بلوکه‌بندی طبقه‌بندی شده (Stratified Blocked Randomization) و بر اساس شاخص BMI، در ۳ گروه؛ $BMI < 25$ ، $25 < BMI < 29.9$ ، $BMI > 29.9$ بر مبنای تقسیم تصادفی، بلوکه‌بندی شده و به دو گروه اسپیرولینا و دارونما اختصاص داده شدند.^{۲۳} در این روش از بلوک‌های ۴ تایی استفاده می‌شود و در مجموع با توجه به این که ۲ گروه اسپیرولینا (S) و گروه پلاسبو (P) وجود

داشت، ۶ بلوک ۴ تایی به صورت SSPP، SPSP، SPPS و PPSS، PSSP و PSSP حاصل شد. از آنجایی که حجم نمونه در این مطالعه ۵۲ نفر بود؛ بنابراین ۱۳ بلوک ۴ تایی به طور تصادفی و با جایگزاری انتخاب شدند. شرکت‌کنندگان در گروه دریافت‌کننده مکمل اسپیرولینا روزانه ۲ گرم مکمل اسپیرولینا،^{۹،۲۴} به صورت ۴ عدد قرص ۵۰۰ میلی‌گرمی در طول این مطالعه که ۱۲ هفته به طول انجامید، دریافت کردند. شرکت‌کنندگان در گروه شاهد نیز روزانه ۴ عدد قرص دارونما مصرف کردند. قرص‌های دارونما از نظر شکل ظاهری کاملاً شبیه قرص‌های اسپیرولینا است و از نشاسته و لاکتوز مونوهیدرات در فرمولاسیون آن‌ها استفاده شد. مکمل اسپیرولینا جهت انجام این مطالعه توسط شرکت داوری اشبال شیمی با نام تجاری Spiruvit[®] در اختیار محققین قرار گرفت و قرص‌های دارونما از شرکت داوری تولید دارو خریداری شد که جدول ۱ حقایق تغذیه‌ای آن را نمایش می‌دهد.

جدول ۱ - ترکیب دقیق ریزمغذی‌ها و درشت‌مغذی‌ها بر اساس جدول حقایق تغذیه‌ای فرآورده و به ازای هر ۱۰۰ گرم مکمل اسپیرولینا

اجزای تشکیل‌دهنده	مقدار در هر ۱۰۰ گرم	
	۲۹۰ kcal	کالری
اسید چرب ترانس: ۰ گرم PUFA: ۲/۰۸ گرم MUFA: ۰/۶۷ گرم	۷/۷۳ گرم	چربی
کلسترول: ۰ میلی‌گرم SAFA: ۲/۶۵ گرم	۲۳/۹۴ گرم	کربوهیدرات
فیبر رژیمی: ۲/۶ گرم قند: ۲/۱ گرم	۵۷/۴۷ گرم	پروتئین
هیستیدین، آلانین، ایزولوسین، آرژنین، لوسین، آسپارتیک اسید، لیزین، متیونین، سیستئین، فنیل آلانین، گلوتامیک اسید، تراهونین، تریپتوفان، گلیسین، والین، پرولین، سرین، تیروزین		
پتاسیم: ۱/۳۶ گرم سدیم: ۱/۰۵ گرم منیزیم: ۱۹۵ میلی‌گرم فسفر: ۱۱۸ میلی‌گرم منگنز: ۱/۸۹ میلی‌گرم آهن: ۲۸/۴۹ میلی‌گرم سلنیم: ۷/۱۹ میلی‌گرم کلسیم: ۱۲۰ میلی‌گرم روی: ۲ میلی‌گرم مس: ۶/۰۹ میلی‌گرم	۴/۵۴ گرم	املاح
ویتامین K: ۲۵/۴۹ میکروگرم B5: ۲/۴۸ میلی‌گرم B1: ۲/۳۸ میلی‌گرم B2: ۲/۶۷ میلی‌گرم E: ۵ میلی‌گرم B3: ۱۲/۸۲ میلی‌گرم A: ۵۷۰ واحد بین‌الملل بتا-کاروتن: ۳۴۲ میکروگرم C: ۱۰/۰۹ میلی‌گرم	۰/۵۲	ویتامین‌ها
	۵ گرم	آب

SAFA: saturated fatty acid, MUFA: monounsaturated fatty acid, PUFA: polyunsaturated fatty acid

می‌شوند تا عدم اطلاع محقق از نوع کپسول‌های دریافتی توسط هر گروه مراعات شود. شرکت‌کنندگان در هر دو گروه مورد و شاهد در طول مدت مطالعه، رژیم غذایی کاهش

به منظور اجرای دوسوکور این تحقیق، در زمان شروع مطالعه، مجموعه قوطی‌های حاوی کپسول‌های مربوطه توسط فردی غیر از پژوهشگر به صورت A و B کدگذاری

تخمین مقاومت به انسولین، مدل هموستاز ارزیابی مقاومت به انسولین (HOMA-IR)، به کار گرفته شد. مدل هموستاز ارزیابی مقاومت به انسولین- [انسولین ناشتا (میکروگرم/میلی‌لیتر)* قند ناشتا (میلی‌گرم/دسی‌لیتر)]/۴۰۵. ۲۶ به منظور بررسی رژیم غذایی از لحاظ میزان دریافت انرژی، کربوهیدرات، پروتئین، چربی، اسیدهای چرب اشباع، اسیدهای چرب با یک باند دوگانه، اسیدهای چرب با چند باند غیر اشباع، کلسترول و فیبر، در شروع و پایان مطالعه از افراد، پرسش‌نامه یادآمد خوراک ۲۴ ساعته از سه روز، یک روز تعطیل و دو روز در ایام هفته، گرفته شد. اطلاعات جمع‌آوری شده از طریق پرسش‌نامه یادآمد خوراک ۲۴ ساعته با استفاده از نسخه تعدیل شده نرم‌افزار Nutritionist 4(N4)، آنالیز شد. میزان فعالیت بدنی افراد در ابتدای پژوهش و پایان هفته دوازدهم با تکمیل پرسش‌نامه روا و پایا از طریق مصاحبه به دست آمد. این پرسش‌نامه در اروپا تهیه شده و اعتبار آن به کمک پرسش‌نامه تعدیل شده فعالیت بدنی و Validity of the Computer Science and Applications, Inc. (CSA) Accelerometer (Model 7164, Shalimar, FL) به تأیید رسیده است. ۲۷. روایی و پایایی این پرسش‌نامه در ایران نیز توسط کلیشادی و همکاران در پژوهشی که روی نوجوانان انجام شد، مورد تأیید قرار گرفته است و به طور معنی‌داری با نتایج به دست آمده از پرسش‌نامه فعالیت بدنی بین‌المللی (IPAQ: International Physical Activity Questionnaire) و نیز یادداشت ۷ روزه فعالیت بدنی نوجوانان ایرانی مرتبط بود. ۲۸.

تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (IBM Corp. Released 2012. IBM SPSS Statistics) for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.) انجام شد. داده‌ها به صورت میانگین±انحراف معیار و فراوانی (درصد) به ترتیب برای متغیرهای کمی و کیفی نشان داده شده است. نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون One-sample Kolmogorov Smirnov ارزیابی شد. جهت مقایسه‌ی متغیرهای کیفی مخدوش‌کننده بین دو گروه، از آزمون Chi Square استفاده شد. جهت مقایسه‌ی میانگین متغیرهای کمی برای داده‌هایی که دو بار اندازه‌گیری شدند، در صورتی که توزیع آن‌ها نرمال بود، در هر گروه Paired T-Test به کار برده شد. از تحلیل کواریانس برای

وزن دریافت کردند. انرژی رژیم غذایی هر فرد بر مبنای فرمول مفلین (Mifflin) برآورد و ضریب فعالیت بدنی در آن اعمال شد و در نهایت حدود ۵۰۰ کالری از آن کسر شد. ۲۲ رژیم غذایی در هر گروه دارای ۵۵ درصد کربوهیدرات، ۱۵ درصد پروتئین و ۳۰ درصد چربی خواهد بود. ۲۳ پی‌گیری بیماران در این پژوهش به صورت پیوسته از طریق فضای مجازی (تلگرام) و تماس‌های تلفنی صورت گرفت، تا پیروی آن‌ها از دریافت مکمل اسپیرولینا و رژیم غذای تنظیم شده مورد بررسی قرار گیرد و همچنین از ریزش شرکت‌کنندگان جلوگیری شود. در پایان مطالعه نیز با شمارش قرص‌های مورد ارزشیابی قرار گرفت و بیمارانی که بیش از ۱۰ درصد قرص‌های خود را مصرف نکرده بودند، در صورتی که جزء گروه دریافت‌کننده مکمل اسپیرولینا بودند، از تحقیق کنار گذاشته شدند.

اندازه‌گیری شاخص‌های تن‌سنجی، بیوشیمیایی، رژیم

غذایی و فعالیت بدنی

شاخص‌های تن‌سنجی در ابتدا و پایان هفته دوازدهم مورد بررسی قرار گرفتند. در این مطالعه، وزن افراد با استفاده از ترازوی نشان دار سکا با دقت ۱۰۰ گرم، با حداقل لباس و بدون کفش و قد افراد با استفاده از قد سنج سکا با دقت ۰/۵ سانتی‌متر و بدون کفش اندازه‌گیری شد. دور کمر در حالت ایستاده در باریک‌ترین قسمت ناحیه بین آخرین دنده و استخوان ایلیاک، با متر نواری با دقت ۰/۵ سانتی‌متر و دور باسن با متر نواری با دقت ۰/۵ سانتی‌متر در بیشترین محیط باسن اندازه‌گیری شد. BMI هر فرد با تقسیم وزن (کیلوگرم) بر مجذور قد (مترمربع) به دست آمد و نسبت دور کمر به دور باسن هم برای هر فرد محاسبه شد. ۲۹. اندازه‌گیری ترکیب بدن با استفاده از دستگاه BIA(X-Contact 356 Body Composition Analyzer, United Kingdom) انجام شد. به منظور بررسی شاخص‌های خونی شرکت‌کنندگان، ۱۰ سی‌سی نمونه‌ی خون پس از ۱۰ تا ۱۲ ساعت ناشتایی در ابتدا و انتهای مطالعه جمع‌آوری شد. پس از جداسازی لخته، سرم نمونه‌ها برای بررسی قند و انسولین مورد آزمایش قرار گرفت. اندازه‌گیری گلوکز خون با استفاده از کیت پارس آزمون (ایران) و روش گلوکز اکسیداز و سطح انسولین سرم نیز به روش الیزا و با استفاده از کیت شرکت MonoBind آمریکا با درصد ضریب تغییرات برون آزمونی ۷/۴ درصد اندازه‌گیری شد. به منظور

تعیین تفاوت‌های معنی‌دار بین گروه‌های مطالعه پس از مداخله، با تعدیل مقادیر اولیه، جنسیت، تغییرات دریافت کالری رژیم غذایی و مقادیر اولیه سطح فعالیت بدنی استفاده شد. در ارتباط با داده‌هایی که توزیع آن‌ها نرمال نبود، natural log transformations روی مقادیر مربوط به انسولین، HOMA-IR و فیبر دریافتی انجام شد. به منظور بررسی اختلاف مقادیر تمامی شاخص‌ها بین دو گروه در ابتدا و انتهای مطالعه، مقایسه تغییرات دریافت ریزمغذی‌ها و درشت‌مغذی‌ها از رژیم غذایی و همچنین مقایسه سطح فعالیت بدنی بین دو گروه، از آزمون تی-مستقل استفاده شد. در این پژوهش، مقدار $P\text{-value} < 0.05$ ، از نظر آماری معنی‌دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

مشخصات عمومی شرکت‌کنندگان در دو گروه دریافت‌کننده اسپیرولینا و دارونما

جدول ۲- مشخصات عمومی شرکت‌کنندگان در ابتدای مطالعه در دو گروه دریافت‌کننده اسپیرولینا و دارونما

متغیر	اسپیرولینا ۱۹ تعداد	شاهد ۱۹ تعداد	مقدار P
سن (سال)	۴۰/۱۶±۱۰/۷۹	۳۹/۷۹±۸/۲۶	*۰/۹۱
جنس (تعداد/درصد)			
زن	٪۶۸/۴۲	٪۹۴/۷۳	†۰/۰۹
استعمال سیگار (تعداد/درصد)			
غیر سیگاری	٪۹۴/۷۳	٪۹۴/۷۳	†۱/۰۰
رژیم کاهش وزن در گذشته (تعداد/درصد)			
دریافت	٪۷۸/۹۴	٪۶۸/۴۲	‡۰/۴۶

اعداد جدول برای متغیرهای کمی میانگین±خطای معیار و برای متغیرهای کیفی تعداد (درصد) است. * آزمون تی مستقل، † آزمون دقیق فیشر، ‡ کای اسکور

بدنی در گروه شاهد در طول دوره مطالعه به طور معنی‌داری افزایش یافته است ($P < 0.001$). همچنین، میزان کل چربی و اسید چرب اشباع دریافتی در گروه اسپیرولینا (به ترتیب، $P < 0.001$ و $P = 0.02$) و دریافت فیبر رژیمی در گروه شاهد ($P < 0.001$) به طور معنی‌داری کاهش یافت. میزان کل انرژی، کربوهیدرات و پروتئین دریافتی نیز در هر دو گروه دریافت‌کننده اسپیرولینا و دارونما در طول دوره مطالعه به طور معنی‌داری کاهش یافته است ($P < 0.001$).

بررسی دریافت‌های غذایی و سطح فعالیت بدنی در دو گروه اسپیرولینا و شاهد

پس از بررسی وضعیت افراد مورد مطالعه از نظر دریافت غذایی و سطح فعالیت بدنی، مشخص شد که تفاوت معنی‌داری بین دو گروه در ابتدای مطالعه وجود نداشت (جدول ۳) در بررسی میانگین تغییرات در پایان هفته‌ی دوازده نیز، میزان تغییرات در سطح فعالیت بدنی، دریافت ریزمغذی‌ها و درشت‌مغذی‌ها بین دو گروه مورد و شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد؛ اگر چه میزان سطح فعالیت



نمودار ۱- فلوچارت پژوهش و تخصیص نمونه‌ها به دو گروه دریافت‌کننده جلبک اسپیرولینا و گروه شاهد

جدول ۳- دریافت‌های غذایی و سطح فعالیت بدنی در دو گروه اسپیرولینا و شاهد

میزان تغییرات در ۱۲ هفته پژوهش	مقدار P	زمان پژوهش		متغیر
		هفته دوازدهم پژوهش	شروع پژوهش	
				انرژی (کیلوکالری در روز)
-۳۶۹/۱۹±۴۴۱/۶۸	†<۰/۰۰۱	۱۶۴۶/۸۸±۴۰۸/۱۶	۲۰۱۶/۰۷±۵۵۶/۷۵	اسپیرولینا
-۳۸۱/۸۱±۳۹۶/۵۷	†<۰/۰۰۱	۱۵۳۶/۴۲±۴۷۹/۰۸	۱۹۱۸/۲۳±۶۷۵/۶۴	شاهد
*۰/۴۸		*۰/۴۴	*۰/۶۳	P-value
				کربوهیدرات (گرم در روز)
-۵۱/۴۱±۶۵/۵۴	†<۰/۰۰۱	۲۰۵/۹۵±۶۵/۸۱	۲۵۷/۳۷±۸۲/۸۹	اسپیرولینا
-۷۱/۱۳±۸۱/۳۲	†<۰/۰۰۱	۱۹۶/۷۳±۸۳/۱۴	۲۶۷/۸۶±۱۲۱/۸۶	شاهد
*۰/۴۱		*۰/۷۱	*۰/۷۵	P-value
				پروتئین (گرم در روز)
-۱۴/۷۷±۱۶/۵۶	†<۰/۰۰۱	۶۴/۹۷±۱۶/۶۷	۷۹/۷۴±۱۸/۵۹	اسپیرولینا
-۱۵/۲۵±۱۷/۷۷	†<۰/۰۰۱	۵۷/۷۵±۱۸/۲۸	۷۲/۹۹±۲۵/۹۹	شاهد
*۰/۹۳		*۰/۲۱	*۰/۳۶	P-value
				چربی (گرم در روز)
-۱۲/۰۲±۲۱/۷۷	†۰/۰۲	۶۴/۷۳±۱۴/۰۳	۷۶/۷۴±۲۸/۰۸	اسپیرولینا
-۵/۷۲±۲۱/۰۵	†۰/۲۵	۶۰/۴۱±۱۶/۴۹	۶۵/۰۵±۲۴/۹۸	شاهد
*۰/۳۷		*۰/۱۸	*۰/۲۸	P-value
				SAFA (گرم در روز)
-۳/۵۴±۵/۱۲	†<۰/۰۰۱	۱۶/۰۲±۴/۳۴	۱۹/۵۷±۶/۷۱	اسپیرولینا
-۲/۲۴±۶/۱۲	†۰/۱۲	۱۴/۳۶±۴/۲۲	۱۶/۵۹±۶/۷۹	شاهد
*۰/۴۸		*۰/۲۴	*۰/۱۸	P-value
				MUFA (گرم در روز)
-۰/۷۹±۹/۹۷	†۰/۷۳	۲۱/۸۷±۹/۰۳	۲۲/۶۷±۸/۵۹	اسپیرولینا
-۱/۰۴±۹/۵۷	†۰/۶۴	۱۹/۳۷±۸/۰۹	۱۸/۳۳±۷/۶۵	شاهد
*۰/۵۶		*۰/۳۷	*۰/۱۱	P-value
				PUFA (گرم در روز)
-۵/۸۲±۱۲/۷۴	†۰/۰۶	۱۹/۸۸±۶/۴۷	۲۵/۶۹±۱۴/۳۶	اسپیرولینا
-۰/۵۵±۱۱/۸۹	†۰/۸۴	۱۹/۶۱±۱۰/۵۱	۲۰/۱۵±۱۴/۴۱	شاهد
*۰/۱۹		*۰/۹۲	*۰/۲۴	P-value
				کلسترول (گرم در روز)
-۹/۰۳±۱۳۹/۸۱	†۰/۷۸	۲۴۶/۶۸±۷۱/۲۷	۲۵۵/۷۱±۱۳۳/۱۵	اسپیرولینا
-۴۷/۷۶±۱۲۵/۸۴	†۰/۱۱	۱۸۹±۱۱۸/۷۷	۲۳۶/۷۷±۱۲۹/۴۵	شاهد
*۰/۳۷		*۰/۰۷	*۰/۶۵	P-value
				فیبر (گرم در روز)
-۰/۲۱±۰/۴۹	†۰/۰۷	۲/۵۵±۰/۳۸	۲/۷۶±۰/۴۳	اسپیرولینا
-۰/۳۱±۰/۳۳	†<۰/۰۰۱	۲/۳۳±۰/۳۹	۲/۶۳±۰/۴۸	شاهد
*۰/۵۱		*۰/۰۹	*۰/۳۹	P-value
				سطح فعالیت بدنی
۰/۱۷±۱/۰۸	†۰/۵۱	۳۶/۴۷±۳/۶۱	۳۶/۲۹±۳/۶۵	اسپیرولینا
۰/۸۵±۱/۱۷	†<۰/۰۰۱	۳۴/۹۲±۲/۸۱	۳۴/۰۷±۲/۷۱	شاهد
*۰/۰۷		*۰/۱۵	*۰/۰۴	P-value

مقادیر به صورت میانگین±انحراف معیار گزارش شدند. * آزمون تی مستقل، † آزمون تی زوجی، تغییر لگاریتم روی فیبر دریافتی انجام شد.

SAFA: saturated fatty acid, MUFA: mono-unsaturated fatty acid, PUFA: poly-unsaturated fatty acid

دو گروه مورد و شاهد، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. از طرفی میانگین تغییرات در متغیرهای وزن ($P=0/008$) و نمایه توده بدن ($P=0/01$)، در کل دوازده هفته پژوهش بین دو گروه مورد مطالعه تفاوت قابل توجهی وجود داشت.

بررسی شاخص‌های تن‌سنجی در دو گروه اسپیرولینا و شاهد

با توجه به تجزیه و تحلیل نهایی گزارش شده در جدول ۴، مقدار شاخص‌های تن‌سنجی در فواصل مورد بررسی بین

جدول ۴- شاخص‌های تن‌سنجی در دو گروه اسپیرولینا و شاهد

متغیر	زمان پژوهش		مقدار P	میزان تغییرات در ۱۲ هفته پژوهش
	شروع پژوهش	هفته دوازدهم پژوهش		
وزن (کیلوگرم)				
اسپیرولینا	۸۶/۸۵±۱۰/۶۵	۸۳/۶۳±۱۰/۶۱	†<0/001	-۳/۲۲±۱/۹۷
شاهد	۸۵/۵۵±۱۳/۱۲	۸۴/۰۹±۱۳/۳۹	†<0/001	-۱/۴۵±۱/۸۶
P-value	*0/۷۳	*0/۹۲		‡0/008
BMI (کیلوگرم/مترمربع)				
اسپیرولینا	۴/۴۹±۳۲/۶۷	۳۰/۸۵±۵/۳۵	†<0/001	-۱/۲۳±۰/۷۹
شاهد	۲۹/۳۹±۹۹/۳۲	۳۲/۴۲±۴/۳۲	†0/۷۷	-۰/۶۳±۰/۶۸
P-value	*0/۸۴	*0/۳۵		‡0/01
دور کمر (سانتی‌متر)				
اسپیرولینا	۱۰۳/۱۶±۹/۲۱	۹۹/۷۹±۸/۸۱	†<0/001	-۳/۳۷±۲/۶۵
شاهد	۱۰۱/۱۱±۹/۳۹	۹۹/۳۶±۹/۳۲	†0/۱۱	-۱/۷۳±۲/۳۷
P-value	*0/۶۸	*0/۵۲		‡0/09
دور باسن (سانتی‌متر)				
اسپیرولینا	۱۱۸/۴۷±۹/۱۶	۱۱۶/۶۳±۹/۶۱	†<0/001	-۱/۸۴±۲/۰۶
شاهد	۱۱۹/۶۸±۸/۸۶	۱۱۸/۵۳±۸/۴۱	†0/۱۱	-۱/۱۶±۲/۹۵
P-value	*0/۶۸	*0/۵۲		‡0/31
نسبت دور کمر به دور باسن				
اسپیرولینا	0/۸۷±۰/۰۷	0/۸۶±۰/۰۷	†<0/001	-۰/۰۱±۰/۰۲
شاهد	0/۸۴±۰/۰۵	0/۸۴±۰/۰۵	†0/۲۲	-۰/۰۰۶±۰/۰۲
P-value	*0/۱۹	*0/۳۳		‡0/45
توده چربی بدن (کیلوگرم)				
اسپیرولینا	۳۲/۷۳±۷/۲۱	۳۰/۴۵±۶/۶۹	†<0/001	-۲/۲۸±۱/۷۴
شاهد	۳۳/۵۷±۷/۲۱	۳۲/۲۶±۷/۳۳	†<0/001	-۱/۲۲±۱/۵۵
P-value	*0/۷۲	*0/42		‡0/01
درصد توده چربی بدن				
اسپیرولینا	۳۷/۵۸±۶/۱۷	۳۶/۳۷±۵/۷۹	†<0/001	-۱/۲۱±۱/۱۷
شاهد	۳۹/۱۲±۳/۴۱	۳۸/۳۲±۳/۷۹	†0/03	-۰/۷۹±۱/۵۱
P-value	*0/34	*0/22		‡0/15
توده بدون چربی (کیلوگرم)				
اسپیرولینا	۵۴/۱۵±۸/۱۹	۵۳/۰۸±۸/۱۴	†<0/001	-۱/۰۷±۱/۱۲
شاهد	۵۱/۷۵±۶/۲۹	۵۱/۶۲±۷/۵۱	†0/41	-۰/۱۳±۱/۵۹
P-value	*0/33	*0/57		‡0/09

مقادیر به صورت میانگین±انحراف معیار گزارش شدند. *آزمون تی-مستقل، †آزمون تی زوجی، ‡آنالیز کوواریانس (تعدیل شده برای فعالیت بدنی ابتدای مطالعه، تغییرات دریافت انرژی، جنسیت و مقادیر پایه همان متغیر)، BMI: Body mass index

مقابل ۱/۴۵±۱/۸۶ کیلوگرم و ۱/۲۳±۰/۷۹ کیلوگرم بر متر مربع در مقابل ۰/۶۳±۰/۶۸ کیلوگرم بر متر مربع در کل

به طوری که میزان تغییرات در متغیر وزن و BMI در گروه اسپیرولینا و شاهد به ترتیب ۳/۲۲±۱/۹۷ کیلوگرم در

بررسی شاخص‌های مرتبط با متابولیسم گلوکز در دو گروه اسپیرولینا و شاهد

شاخص‌های مرتبط با متابولیسم گلوکز در جدول ۵ نمایش داده شده‌اند. در ابتدا و پایان مطالعه، مقادیر قند خون ناشتا، انسولین و HOMA-IR بین دو گروه مورد و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. علاوه بر این بررسی میانگین تغییرات در کل دوره دوازده هفته‌ای پژوهش بین دو گروه، نشان داد که برای قند خون ناشتا ($P=0/17$)، انسولین ($P=0/27$) و HOMA-IR ($P=0/22$) تغییرات معنی‌دار نبود. این در حالی است که بررسی‌ها در هر گروه به تفکیک نشان داد که کاهش HOMA-IR در گروه اسپیرولینا نزدیک معنی‌داری بود ($P=0/05$) و سطح قند خون و انسولین اگرچه در این گروه کاهش یافت اما این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار گزارش نشد (به ترتیب، $0/07$ و $P=0/08$).

دوازده هفته پژوهش بوده است. علاوه بر این کاهش توده چربی بدن ($P=0/01$) نیز در گروه اسپیرولینا نسبت به گروه شاهد از نظر آماری، تفاوت معنی‌داری گزارش شد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با توجه به این که هر دو گروه مورد و شاهد در طول دوره‌ی مطالعه از رژیم غذایی کاهش وزن پیروی می‌کردند، میانگین شاخص‌های تن‌سنجی وزن ($P<0/001$)، برای هر دو گروه، دور کمر ($P<0/001$)، برای هر دو گروه، توده‌ی چربی ($P<0/001$) برای هر دو گروه و درصد توده‌ی چربی ($P=0/02$ و $P<0/001$) به ترتیب برای گروه اسپیرولینا و شاهد) در هر گروه به تفکیک، سیر نزولی و تفاوت معنی‌داری داشته است. علاوه بر این، در گروه اسپیرولینا دور باسن، نسبت دور کمر به دور باسن و توده بدون چربی بدن در پایان هفته دوازدهم نسبت به ابتدای مطالعه کاهش معنی‌داری داشت ($P<0/001$) برای همه).

جدول ۵- شاخص‌های متابولیسم گلوکز در دو گروه اسپیرولینا و شاهد

میزان تغییرات در ۱۲ هفته پژوهش	مقدار P	زمان پژوهش		متغیر
		هفته دوازدهم پژوهش	شروع پژوهش	
				FBS (میلی‌گرم/دسی‌لیتر)
-۲/۸۴±۶/۷۳	† ۰/۰۸	۸۳/۶۸±۷/۰۴	۸۶/۵۳±۱۱/۶۹	اسپیرولینا
-۰/۱۵±۶/۴۷	† ۰/۹۱	۸۷/۸۹±۱۴/۲۹	۸۷/۷۳±۱۰/۴۷	شاهد
‡ ۰/۱۷		* ۰/۲۵	* ۰/۷۳	P-value
				انسولین (میکرو واحد/میلی‌لیتر)
-۰/۳۶±۰/۸۲	† ۰/۰۷	۱/۱۹±۰/۵۸	۱/۵۵±۰/۸۲	اسپیرولینا
-۰/۳۹±۱/۱۵	† ۰/۱۵	۱/۳۷±۹۰	۱/۷۷±۰/۷۹	شاهد
‡ ۰/۲۷		* ۰/۴۷	* ۰/۴۲	P-value
				HOMA-IR
-۰/۳۹±۰/۸۱	† ۰/۰۵	-۰/۳۸±۰/۵۹	-۰/۰۰۲±۰/۸۲	اسپیرولینا
-۰/۳۹±۰/۸۱	† ۰/۰۵	-۰/۳۸±۰/۵۹	-۰/۰۰۲±۰/۸۲	اسپیرولینا
‡ ۰/۲۲		* ۰/۳۹	* ۰/۳۸	P-value

مقادیر به صورت میانگین±انحراف معیار گزارش شدند. تبدیل لگاریتم روی انسولین و HOMA-IR انجام شد. *آزمون تی-مستقل، †آزمون تی-زوجی، ‡آنالیز کوواریانس (تعدیل شده برای فعالیت بدنی ابتدای مطالعه، تغییرات دریافت انرژی، جنسیت و مقادیر پایه همان متغیر)

غذایی کاهش وزن و جلبک اسپیرولینا بر شاخص‌های تن‌سنجی و غلظت گلوکز و انسولین سرم و سطح HOMA-IR در افراد مبتلا به اضافه وزن و چاقی انجام شد. این مطالعه نشان داد که دریافت اسپیرولینا اگرچه باعث بهبود

بحث

در راستای یافتن روش‌های درمانی جدید برای چاقی و عوارض متابولیک مربوط با آن مانند مقاومت به انسولین، مطالعه‌ی حاضر با هدف تعیین اثرات تجویز همزمان رژیم

در مطالعه‌ای دیگر، زینلیانⁱⁱ و همکارانش^{۱۶} اثر مکمل یاری با اسپیرولینا پلاتنسیس را بر نمونه‌ای ۵۶ نفری از افراد چاق مورد بررسی قرار دادند. شرکت‌کنندگان در گروه مداخله‌ی روزانه ۱ گرم اسپیرولینا به مدت ۱۲ هفته دریافت کردند. کاهش وزن و BMI در گروه اسپیرولینا به طور معنی‌داری بیشتر از گروه شاهد گزارش شد. اگر چه سایر مطالعات انجام شده در این زمینه اثر بخشی اسپیرولینا را بر بهبود شاخص‌های تن‌سنجی مورد تایید قرار ندادند،^{۱۰،۱۲} اما یافته‌های مطالعه‌ی پیش رو نیز در راستای بهبود شاخص‌های تن‌سنجی به دنبال مکمل یاری با اسپیرولینا می‌باشد. در مطالعه‌ی حاضر نیز همان‌طور که پیش از این اشاره شد، میانگین وزن افراد در گروه دریافت‌کننده رژیم غذایی به همراه اسپیرولینا در مدت دوازده هفته حدود ۳ کیلوگرم کاهش یافت؛ در حالی که در گروه شاهد که تنها رژیم غذایی دریافت کرده بودند، این میزان حدود ۱/۵ کیلوگرم بود. به عبارت دیگر کاهش وزن به اندازه ۳/۷۱ درصد در گروه اسپیرولینا در برابر کاهش وزن به اندازه ۱/۶۹ درصد در گروه شاهد، به طور معنی‌داری از نظر آماری متفاوت بوده است.

باید توجه داشت که این کاهش وزن در گروه شاهد را می‌توان به تغییرات فعالیت بدنی هم نسبت داد، چرا که امتیاز فعالیت بدنی در این گروه حدود یک واحد افزایش پیدا کرده است که از نظر آماری نیز معنی‌دار می‌باشد. در حالی که امتیاز فعالیت بدنی در گروه اسپیرولینا و نیز بین دو گروه مورد مطالعه به طور معنی‌داری تغییر نکرده است. در نتایج مربوط به ترکیب بدن شرکت‌کنندگان مشاهده شد که در کنار کاهش معنی‌دار توده چربی بدن در گروه اسپیرولینا نسبت به گروه شاهد، افراد دریافت‌کننده اسپیرولینا کاهش معنی‌داری در توده‌ی بدون چربی بدن هم داشتند، که این احتمالاً به علت اثر اجتناب‌ناپذیر رعایت رژیم غذایی کاهش وزن می‌باشد. اگرچه توده‌ی بدون چربی افراد گروه شاهد کاهش پیدا نکرد، اما این مسئله را می‌توان به افزایش معنی‌دار فعالیت بدنی در این گروه نسبت داد، در حالی که در گروه اسپیرولینا سطح فعالیت بدنی بدون تغییر باقی ماند. در مجموع به نظر می‌رسد که کاهش سطح انسولین در گردش خون به دنبال بهبود شاخص‌های التهابی، پیشگویی‌کننده قوی وضعیت کاهش وزن بدن خواهد بود،^{۳۶} و از آنجا که پیش از این اثرات ضد التهابی اسپیرولینا مورد تأیید قرار گرفته است،^{۳۷} احتمالاً در مطالعه‌ی حاضر نتایج به دست

جزیی در سطح گلوکز و انسولین شد، اما تغییرات داخل و میان گروه‌ها معنی‌دار باقی نماند. علاوه بر این، کاهش HOMA-IR در گروه اسپیرولینا نیز، نزدیک معنی‌داری گزارش شد. نتایج مطالعات پیشین حاکی از این است که مکمل یاری با اسپیرولینا در بیماران مبتلا به کبد چرب غیر الکلی، ایدز و دیابت غیر وابسته به انسولین باعث بهبود متابولیسم گلوکز شد،^{۲۹-۳۱} اگرچه مطالعات با نتایج مغایر هم موجود است^{۱۰،۳۲} و به نظر می‌رسد مطالعات بیشتری در این زمینه لازم است. اسپیرولینا محتوای فیبر بالایی است و در صورتی که در مقدار زیاد مصرف شود می‌تواند جذب گلوکز را کاهش دهد. علاوه بر این کیفیت پروتئینی بالایی داشته و پپتیدها و پلی‌پپتیدهای حاصل از هضم آن می‌توانند ترشح انسولین را افزایش دهند و باعث تعدیل سطح قند خون پس از صرف غذا شوند.^{۳۳} افزایش ترشح انسولین در اثر مصرف اسپیرولینا تا حدود زیادی به اثرات آن بر سیستم ایمنی بدن نسبت داده می‌شود، چرا که بر اساس مطالعات گذشته این مداخله می‌تواند باعث کاهش سطح IL-6 شود.^{۱۰،۳۴} IL-6 از طریق مهار مولکول‌های دخیل در پیام‌رسانی انسولین، مثل سوبستراهای گیرنده‌های انسولین و در نهایت مهار قرارگیری ناقل گلوکز-۴ (Glucose transporter type 4 (GLUT-4)) در غشای سلول، باعث جذب کمتر گلوکز در عضله و بافت چربی می‌شود.^{۳۰} پیشگیری از این فرآیند توسط ترکیبات موثره اسپیرولینا احتمالاً می‌تواند بهبود تنظیم قند خون را باعث شود. علاوه بر این، به نظر می‌رسد که فیکوسیانین به عنوان مهم‌ترین ترکیب آنتی‌اکسیدانی موجود در جلبک اسپیرولینا در افزایش حساسیت به انسولین، بهبود مقاومت به انسولین در بافت‌های محیطی و تنظیم متابولیسم قند و چربی موثر خواهد بود.^{۲۴} با این وجود هنوز هم مکانیسم دقیق اثر بخشی اسپیرولینا بر مقاومت به انسولین هم چنان نیازمند بررسی‌های بیشتر است.^{۳۵} مقایسه‌ی تغییرات شاخص‌های تن‌سنجی بین دو گروه در هفته دوازدهم مطالعه نشان داد که تنها برای وزن بدن، BMI و توده‌ی چربی بدن تفاوت معنی‌داری وجود دارد. میکزکهⁱ و همکارانش^{۱۷} دریافت روزانه ۲ گرم اسپیرولینا یا دارونما را به مدت ۳ ماه در بیماران با فشار خون بالا مورد بررسی قرار دادند که نتایج آن حاکی از این است که افراد مصرف‌کننده اسپیرولینا در پایان، کاهش قابل توجهی در وزن بدن و BMI داشتند.

i -Miczke

ii -Zeinalian

در مقاومت به انسولین داشته است، که احتمالاً بیانگر اثر هم‌افزایی دریافت اسپیرولینا در کاهش وزن بدن همراه با رژیم غذایی کم کالری می‌باشد. اگرچه مطالعات بیشتری در ارتباط با اثرات اسپیرولینا بر بهبود حساسیت به انسولین مورد نیاز می‌باشد.

سپاسگزاری: پژوهش حاضر با حمایت مالی دانشکده‌ی علوم تغذیه و صنایع غذایی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی انجام گرفت. نویسندگان این مقاله مراتب تشکر و قدردانی را از شرکت دارویی اشبال شیمی که در تأمین قرص‌های اسپیرولینا (Spiruvit®) همکاری داشتند، اعلام می‌دارند. در پایان، از تمامی شرکت‌کنندگان در این مطالعه تشکر و قدردانی می‌شود.

اعلام تعارض منافع
نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافی در پژوهش حاضر وجود ندارد.

References

- Khan SA, Ali A, Khan SA, Zahran SA, Damanhouri G, Azhar E, et al. Unraveling the complex relationship triad between lipids, obesity, and inflammation. *Mediators Inflamm* 2014; 502749.
- Castro AV, Kolka CM, Kim SP, Bergman RN. Obesity, insulin resistance and comorbidities? Mechanisms of association. *Arq Bras Endocrinol Metabol* 2014; 58: 600-9.
- Clinical Guidelines on the Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight and Obesity in Adults--The Evidence Report. National Institutes of Health. *Obes Res* 1998; 6: 464.
- Hampel S, Campbell A. Recognizing obesity and its complications: the story of Score 1 for Health. *NASN Sch Nurse* 2015; 30: 46-52.
- Damiri B, Aghbar A, Alkhodour S, Arafat Y. Characterization and prevalence of metabolic syndrome among overweight and obese young Palestinian students at An-Najah National University. *Diabetes Metab Syndr* 2017; 30(17): S1871-4021(17)30424-1.
- American Diabetes Association. 6. Obesity Management for the Treatment of Type 2 Diabetes. *Diabetes Care* 2016;39 Suppl 1: S47-51.
- Park JH, Lee MJ, Song MY, Bose S, Shin BC, Kim HJ. Efficacy and safety of mixed oriental herbal medicines for treating human obesity: a systematic review of randomized clinical trials. *J Med Food* 2012; 15: 589-97.
- Serban MC, Sahebkar A, Dragan S, Stoichescu-Hogea G, Ursoniu S, Andrica F, et al. A systematic review and meta-analysis of the impact of Spirulina supplementation on plasma lipid concentrations. *Clin Nutr* 2016; 35: 842-51.
- Ismail M, Hossain MF, Tanu AR, Shekhar HU. Effect of spirulina intervention on oxidative stress, antioxidant status, and lipid profile in chronic obstructive pulmonary disease patients. *Biomed Res Int* 2015; 486120.
- Lee EH, Park JE, Choi YJ, Huh KB, Kim WY. A randomized study to establish the effects of spirulina in

آمده حاصل از برهم کنش افزایش حاشیه‌ای حساسیت به انسولین و کاهش وزن بدن بوده است. به هر حال تنوع در دوز تجویزی و مدت مصرف مکمل در مطالعات گوناگون، در تناقض مشاهده شده در نتایج مربوط به شاخص‌های تن‌سنجی موثر می‌باشد.

مهم‌ترین محدودیت در اجرای این مطالعه، بالا بودن میزان ریزش نمونه‌ها بوده است و با توجه به این که حجم نمونه گروه‌ها کمتر از میزان به دست آمده با فرمول حجم نمونه شده است، توان آماری مطالعه‌ی کاهش یافته و امکان دارد که مشاهده نکردن تفاوت‌های معنی‌دار میان گروه‌ها به علت توان پایین باشد.

نتیجه‌گیری

دریافت جلبک اسپیرولینا به مقدار ۲ گرم در روز اثر معنی‌داری بر بهبود شاخص‌های تن‌سنجی و کاهش خفیف

type 2 diabetes mellitus patients. *Nutr Res Pract* 2008; 2: 295-300.

- Deng R, Chow TJ. Hypolipidemic, antioxidant, and anti-inflammatory activities of microalgae *Spirulina*. *Cardiovasc Ther* 2010; 28: e33-45.
- Mazokopakis EE, Starakis IK, Papadomanolaki MG, Mavroei NG, Ganotakis ES. The hypolipidaemic effects of *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) supplementation in a Cretan population: a prospective study. *J Sci Food Agric* 2014; 94: 432-7.
- Ferreira-Hermosillo A, Torres-Duran PV, Juarez-Oropeza MA. Hepatoprotective effects of *Spirulina maxima* in patients with non-alcoholic fatty liver disease: a case series. *J Med Case Rep* 2010; 4: 103.
- Park HJ, Lee YJ, Ryu HK, Kim MH, Chung HW, Kim WY. A randomized double-blind, placebo-controlled study to establish the effects of spirulina in elderly Koreans. *Ann Nutr Metab* 2008; 52: 322-8.
- Kalafati M, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, Paschalis V, Theodorou AA, Sakellariou GK, et al. Ergogenic and antioxidant effects of spirulina supplementation in humans. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42: 142-51.
- 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 Complement Altern Med* 2017; 17: 225.
- Miczke A, Szulińska M, Hansdorfer-Korzon R, Kręgielska-Narozna M, Suliburska J, Walkowiak J, et al. Effects of spirulina consumption on body weight, blood pressure, and endothelial function in overweight hypertensive Caucasians: a double-blind, placebo-controlled, randomized trial. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2016; 20: 150-6.
- 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.

19. Derosa G, Limas CP, Macias PC, Estrella A, Maffioli P. Dietary and nutraceutical approach to type 2 diabetes. *Arch Med Sci* 2014; 10: 336-44.
20. Marcel AK, Ekali LG, Eugene S, Arnold OE, Sandrine ED, von der Weid D, et al. The effect of *Spirulina platensis* versus soybean on insulin resistance in HIV-infected patients: a randomized pilot study. *Nutrients* 2011; 3: 712-24.
21. Ku CS, Yang Y, Park Y, Lee J. Health benefits of blue-green algae: prevention of cardiovascular disease and nonalcoholic fatty liver disease. *J Med Food* 2013; 16: 103-11.
22. Mahan K, Escott S, Raymond J. Krause's Food and the Nutrition Care Process. 13 ed 2012. Available from: URL: <https://www.amazon.com/Krauses-Food-Nutrition-Care-Process/dp/1437722334>
23. JJ W. Designing Clinical Research: an Epidemiologic Approach. 2th ed 2001. <https://shop.lww.com/Designing-Clinical-Research/p/9781608318049>
24. Kaur K, Sachdeva R, Kochhar A. Effect of spirulina supplementation on the nutrient adequacy and health status of non-insulin-dependent diabetes mellitus (NIDDM) male subjects. *Stud. Ethno-med* 2009; 3: 119-26.
25. Organization W. STEPwise approach to surveillance (STEPS). Geneva, World Health Organization. 2012. Available from: URL: <http://www.who.int/ncds/surveillance/steps/en/>.
26. Wallace TM, Levy JC, Matthews DR. Use and abuse of HOMA modeling. *Diabetes Care* 2004; 27: 1487-95.
27. Aadahl M, Jorgensen T. Validation of a new self-report instrument for measuring physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35: 1196-202.
28. Kelishadi R, Ardalan G, Gheiratmand R, Gouya MM, Razaghi EM, Delavari A, et al. Association of physical activity and dietary behaviours in relation to the body mass index in a national sample of Iranian children and adolescents: CASPIAN Study. *Bull World Health Organ* 2007; 85: 19-26.
29. Mazokopakis EE, Papadomanolaki MG, Foustieris AA, Kotsiris DA, Lampadakis IM, Ganotakis ES. The hepatoprotective and hypolipidemic effects of *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) supplementation in a Cretan population with non-alcoholic fatty liver disease: a prospective pilot study. *Ann Gastroenterol* 2014; 27: 387-94.
30. Marcel AK, Ekali LG, Eugene S, Arnold OE, Sandrine ED, von der Weid D, et al. The effect of *Spirulina platensis* versus soybean on insulin resistance in HIV-infected patients: A randomized pilot study. *Nutrients* 2011; 3: 712-24.
31. Mani UV, Desai S, Iyer U. Studies on the long-term effect of spirulina supplementation on serum lipid profile and glycated proteins in NIDDM patients. *J. Nutraceuticals Funct. Med. Foods* 2000; 2: 25-32.
32. Torres-Duran PV, Ferreira-Hermosillo A, Juarez-Oropeza MA. Antihyperlipemic and antihypertensive effects of *Spirulina maxima* in an open sample of Mexican population: a preliminary report. *Lipids Health Dis* 2007; 6: 33.
33. 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.
34. Ou Y, Lin L, Yang X, Pan Q, Cheng X. Antidiabetic potential of phycocyanin: effects on KKAY mice. *Pharm Biol* 2013; 51: 539-44.
35. Szulinska M, Gibas-Dorna M, Miller-Kasprzak E, Suliburska J, Miczke A, Walczak-Galezewska M, et al. *Spirulina maxima* improves insulin sensitivity, lipid profile, and total antioxidant status in obese patients with well-treated hypertension: a randomized double-blind placebo-controlled study. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2017; 21: 2473-81.
36. Kong LC, Wuillemin PH, Bastard JP, Sokolovska N, Gougis S, Fellahi S, et al. Insulin resistance and inflammation predict kinetic body weight changes in response to dietary weight loss and maintenance in overweight and obese subjects by using a Bayesian network approach. *Am J Clin Nutr* 2013; 98: 1385-94.
37. Wu Q, Liu L, Miron A, Klimova B, Wan D, Kuca K. The antioxidant, immunomodulatory, and anti-inflammatory activities of *Spirulina*: an overview. *Arch Toxicol* 2016; 90: 1817-40.

Original Article

Effects of Combined Administration of Weight Reducing Diet and SPIRULINA Platensis on Anthropometric Measures and Glycemic Markers in Obese and Overweight Subjects: A Randomized, Double-blinded, Placebo-controlled Clinical Trial

Yousefi R¹, Saidpour A¹, Mottaghi A²

¹Department of Clinical Nutrition and Dietetics, Faculty of Nutrition and Food Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran, ²Research Center for Prevention of Cardiovascular Disease, Institute of Endocrinology and Metabolism, Iran University of Medical Sciences, Tehran, I. R. Iran.

e-mail: Mottaghi.a@iums.ac.ir

Received: 20/12/2017 Accepted: 19/02/2018

Abstract

Introduction: This study was conducted to determine the possible effects of combined administration of a weight reducing diet and spirulina supplements on the anthropometric measures and glycemic markers in obese and overweight subjects. **Materials and Methods:** Fifty-two subjects ($25 \leq \text{BMI} < 40$) were enrolled and randomly allocated to receive spirulina platensis (SP) (2 grams per day) or placebo tablets. Anthropometric measures and glycemic markers, including fasting blood glucose, serum insulin and Homeostatic Model Assessment-Insulin resistance (HOMA-IR) were assessed before and after the study; participants also received a weight reduction diet during 12 weeks of intervention. **Results:** Thirty-eight individuals who completed the intervention, included 38 participants (7 males) with an average age of 40 years and BMI of 32.9 kg/m². Reduction of body weight and body mass index (BMI) were significantly higher in the SP group, compared to the placebo group (-3.22 ± 1.97 kg vs. -1.45 ± 1.86 kg, $P=0.008$ and -1.23 ± 0.79 kg/m² vs. -0.63 ± 0.68 kg/m², $P=0.01$). Body fat was also considerably reduced in the SP group, compared to the placebo group (-2.28 ± 1.74 vs. -1.22 ± 1.55 , $P=0.01$). In addition, HOMA-IR reduced marginally, significant in the SP group ($P=0.05$). **Conclusion:** Consumption of spirulina plays a significant role in body weight and BMI reduction and also leads to a slightly ameliorated glucose metabolism, demonstrating possibly a synergistic effect of spirulina along with weight reduction diet on improving glucose metabolism and body weight.

Keywords: Spirulina, Obesity, HOMA-IR

Trial registration:

ClinicalTrials.gov Identifier: NCT02993627

Iranian Registry of Clinical Trials (IRCT) Identifier (www.irct.ir): IRCT2016101615968N4