

## **Changes in lipocalin-2 levels after resistance training (RT) and consumption of spirulina microalgae in overweight and obese men**

**Dehghani K<sup>1</sup>, Mogharnasi M<sup>2\*</sup>, Saghebjoo M<sup>2</sup>, Sarir H<sup>3</sup>, Malekaneh M<sup>4</sup>**

1- Department of Sport Sciences, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran

2 - Department of Sport Sciences, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran

3- Department of Animal Sciences, University of Birjand, Birjand, IR Iran

4- Department of Clinical Biochemistry, Birjand University of Medical Sciences, Birjand, IR Iran

Received: 2021/06/23 | Accepted: 2021/09/11

### **Abstract**

**Background:** One of the effective ways to control weight is to use regular exercise and benefit from herbal supplements. This study aimed to evaluate the changes in lipocalin-2 levels after resistance training (RC) and consumption of spirulina microalgae in overweight and obese men.

**Materials and Methods:** The present study was a single-blind, quasi-experimental and applied control clinical trial. 60 men with an age range of 30 to 55 years and a body mass index of more than 25 ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) overweight and obese, were purposefully selected and randomly selected (with alternatives) in four groups: Training + Spirulina, Training + Placebo, spirulina and placebo were included. The intervention and placebo groups took two 500 mg spirulina and placebo capsules daily for eight weeks, respectively. (RT) was performed for eight weeks, three sessions per week.

**Results:** Plasma lipocalin-2 and body weight showed a significant difference between the groups ( $P<0.05$ ). Also, lipocalin-2 values in training + spirulina group and fat percentage in training + spirulina, training + placebo groups, decreased significantly. Pure and net body mass increased significantly in the training + spirulina group ( $P<0.05$ ).

**Conclusion:** It seems that spirulina supplementation combined with (RT) can be effective in controlling weight and obesity by reducing the amount of lipocalin-2 and some indicators of body composition.

**Keywords:** Obesity, Lipocalin-2, Resistance training, Spirulina

**\*Corresponding Author.**

**Email:** mogharnasi@birjand.ac.ir

**Tel:** 00989 153 412 696

**Fax:** 0098 056 322 02240

**Conflict of Interests:** No

*Feyz, Journal of Kashan University of Medical Sciences, December, 2021; Vol. 25, No 5, Pages 1184-1193*

**Please cite this article as:** Dehghani K, Mogharnasi M, Saghebjoo M, Sarir H, Malekaneh M. Changes in Lipocalin-2 Levels after (RC) and Consumption of Spirulina Microalgae in Overweight and Obese Men. *Feyz* 2021; 25(5):1184-93.

## بررسی تغییرات سطوح لیپوکالین-۲ پس از تمرینات مقاومتی و مصرف میکروجلبک اسپیرولینا در مردان دارای اضافه وزن و چاق

کریم دهقانی<sup>۱</sup>، مهدی مقرنسی<sup>۲</sup>، مرضیه ثابت جو<sup>۳</sup>، هادی سریر<sup>۴</sup>، محمد ملکانه<sup>۴</sup>

### خلاصه

سابقه و هدف: یکی از راهکارهای مؤثر برای کنترل وزن، استفاده از تمرینات ورزشی منظم و بهرهمندی از مکملهای گیاهی است. هدف از این مطالعه، بررسی تغییرات سطوح لیپوکالین-۲ پس از تمرینات مقاومتی و مصرف میکروجلبک اسپیرولینا در مردان دارای اضافه وزن و چاق بود.

**مواد و روش‌ها:** تحقیق حاضر به صورت کارآزمایی بالینی شاهددار یک سوکور و از نوع نیمه تجربی و کاربردی بود. به همین منظور ۶۰ مرد با دامنه سنی ۳۰ تا ۵۵ سال و شاخص توده بدن بیشتر از ۲۵ (کیلوگرم بر متربع) دارای اضافه وزن و چاق، به صورت هدفمند انتخاب شدند و به روش تصادفی ساده (با جایگزین) در چهار گروه تمرین + اسپیرولینا، تمرین + دارونما + اسپیرولینا و دارونما قرار گرفتند. گروه مداخله و دارونما به ترتیب به مدت هشت هفته روزانه دو عدد کپسول ۵۰۰ میلی گرمی اسپیرولینا و دارونما مصرف نمودند. تمرینات مقاومتی به مدت هشت هفته، هفته‌ای سه جلسه اجرا شد.

**نتایج:** مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ بین گروه‌های تحقیق تفاوت معنی داری را نشان داد ( $P < 0.05$ ). همچنین مقادیر لیپوکالین-۲ در گروه تمرین + اسپیرولینا، درصد چربی در گروه‌های تمرین + اسپیرولینا، تمرین + دارونما کاهش معنی داری داشت؛ اما توده خالص بدن در گروه تمرین + اسپیرولینا افزایش معنی داری را نشان داد ( $P < 0.05$ ).

**نتیجه‌گیری:** به نظر می‌رسد مکمل دهی اسپیرولینا تواند با تمرینات مقاومتی می‌تواند با کاهش مقادیر لیپوکالین-۲ و برخی شاخص‌های ترکیب بدنی در کنترل وزن و چاقی مؤثر باشد.

**واژگان کلیدی:** چاقی، لیپوکالین-۲، تمرینات مقاومتی، اسپیرولینا

دو ماهنامه علمی - پژوهشی فیض، دوره بیست و پنجم، شماره ۵ آذر- دی ۱۴۰۰، صفحات ۱۱۹۳-۱۱۸۴

### مقدمه

آدیپوکاین‌های ترشح شده از بافت چربی؛ شامل: واسپین، لپین، لیپوکالین، کمرین، ویسفاتین، آیریزین، گرلین، نسفاتین-۱، رزیستین و امتنین وغیره است. از سوی دیگر برخی عوامل بیوشیمیایی مترشح از آدیپوسیت‌ها که به عنوان شاخص‌های التهابی مطرح می‌شوند، در تنظیم هزینه انرژی [۴]، عملکرد انسولین [۵] و بروز برخی اختلالات متابولیک مؤثرند. یکی از این عوامل، لیپوکالین-۲ می‌باشد که به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مرتبط با چاقی و متابولیسم گلوکز شناسایی شده است [۶-۹]. سطح لیپوکالین-۲ در خون افراد چاق و دارای اضافه وزن بیشتر از انسان‌های لاگراندام است [۱۰]. احتمالاً بالابودن توده‌ی چربی علت افزایش غلظت این پروتئین در خون افراد چاق است [۹]. اخیراً گزارش شده که این آدیپوکاین با چاقی و مقاومت به انسولین در ارتباط است [۸]. این آدیپوکاین به عنوان یک شاخص التهابی، با چاقی و التهاب ناشی از آن مرتبط است و همچنین نقش خنثی‌کننده اثرات مولکولهای التهابی در متابولیسم در سلول‌های چربی و ماکروفازها را دارد و عامل نسخه‌برداری پیش‌التهابی NF- $K\beta$ ، بیان لیپوکالین-۲ را از راه پیوند به جایگاه اتصالی در پرومотор آن فعال می‌سازد [۱۲]. تمرینات ورزشی از راه کاهش توده چربی احتشامی و متعاقب آن کاهش رهایی سایتوکین‌های پیش‌التهابی و ایجاد محیطی ضدالتهابی در کنترل وزن نقش اساسی

چاقی یکی از مشکلات مهم بهداشتی در سراسر جهان است [۱]. چاقی، ناشی از عدم تعادل بین انرژی دریافتی و مصرفی است که کالری‌های اضافی، ابتدا در بافت چربی سفید و نیز به صورت نابه‌جا در کبد، عضلات و پانکراس به شکل تری گلیسیرید ذخیره می‌شوند و موجب اختلال عملکرد در بافت و نیز مقاومت به انسولین می‌گردد [۲]. بافت چربی، مولکولهای فعلی بیولوژیکی را ترشح می‌کند که آدیپوکاین نامیده می‌شود که نه تنها بر تنظیم متابولیسم انرژی مؤثرند، بلکه در برهم‌کنش‌های پیچیده میان بافت چربی و استخوان نیز مداخله می‌نمایند [۳].

۱. دکتری فیزیولوژی ورزشی (گرایش بیوشیمی و متابولیسم ورزشی)، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۲. استاد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۳. دانشیار، گروه ایمونولوژی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۴. دانشیار، گروه بیوشیمی بالینی، دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، بیرجند، ایران

لشانی نویسنده مسئول،

دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

تلفن: ۰۹۱۵۳۴۱۶۹۶، ۰۵۶۳۲۲-۲۲۴۰

پست الکترونیک: mogharnasi@birjand.ac.ir

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۶/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۴/۳

IR.BUMS.REC.1398.046 از دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی بیرون چند به صورت کارآزمایی بالینی شاهد دار یک سوکور اجرا شد. به همین منظور با رعایت شرایط از جمله: عدم استفاده از قوه و نسکافه چهار ساعت قبل از سنجش، فعالیت ورزشی شدید یک شبانه روز قبل از استفاده از دستگاه، تخلیه مثانه نیم ساعت قبل از استفاده از دستگاه، عدم استفاده از لباس تنگ و نداشتن وسائل فلزی نظری تلفن، ساعت، دستبند و حلقه حین اجرای آزمون. همچنین برخی از شاخص‌های ترکیب‌بدنی از جمله درصد چربی و توده خالص عضلانی با دستگاه ترکیب‌سنجه بدن مدل IOI353 ساخت کشور کره جنوبی اندازه‌گیری شد. معیارهای ورود به تحقیق عدم بیماری‌هایی از جمله: قلبی - عروقی، هورمونی، سرطان، صرع، عدم مصرف داروهای گیاهی، عدم اعتماد به مواد مخدوش، شاخص توده‌بدنی بیشتر از ۲۵ (کیلوگرم بر متربمربع) بود و این موارد با پرسنل‌های سابقه پزشکی و آمادگی برای فعالیت‌بدنی (PAR-Q) موردنبررسی قرار گرفت. معیارهای خروج یا عدم ورود به این تحقیق، عدم حضور در تمرینات، آزمون سنجش ترکیب‌بدنی، سنجش بیوشیمیایی و آسیب‌دیدگی، در نظر گرفته شد. سپس طبق فراخوان در سطح شهر و همچنین ادارات و سازمان‌های دولتی و غیردولتی افراد برای نام‌نویسی اویله به مرکز پایگاه قهرمانی استان خراسان جنوبی مراجعه نمودند و پس از غربالگری اویله از بین ۱۹۴ نفر و براساس معیار ورود تعداد ۶۰ نفر دارای اضافه‌وزن و چاق به صورت هدفمند انتخاب شدند و به روش تصادفی ساده (با جایگزین) در چهار گروه ۱۵ نفری تمرین + اسپیرولینا، تمرین + دارونما، اسپیرولینا، دارونما قرار گرفتند. لازم به ذکر است که زمان قرعه‌کشی اسامی افراد کاملاً پنهان شده بود و نفرات پس از انتخاب در گروه‌های چهارگانه قرار گرفتند. سپس اطلاعات جامع و کامل (زمان، مکان، شیوه) اجرای تمرینات، نحوه مصرف مکمل اسپیرولینا و مدت زمان تحقیق در یک جلسه در اختیار آن‌ها قرار گرفت و در پایان آزمودنی‌ها رضایت خود را جهت شرکت در این تحقیق کاملاً آگاهانه تأیید نمودند.

برنامه تمرین: برنامه تمرینی طبق مدل پیشنهادی فلک (۲۰۰۷) [۲۱] و طراحی نیکسرشت و همکاران. (۲۰۱۴) [۲۲] به مدت هشت هفته، هفت‌های سه جلسه و هر جلسه ۹۰ دقیقه و در نوبت عصر در فضای بسته و در دمای (۲۰-۲۴) درجه سانتیگراد اجرا شد. تمرینات مقاومتی شامل ۱۲ حرکت در ۱۲ ایستگاه به ترتیب شامل: پرس پا، پرس سینه، پرس سینه شبیدار، پاروپی نشسته، لیفت مرده، شکم با زانوی خمیده، کشش از بالا، بلندشدن روی پنجه پا، پشت ران، پرس شانه، کشش هالترا تا چانه، جلو بازو با هالترا بود که براساس رعایت اصل اضافه‌بار با فواصل استراحتی بین ایستگاه‌ها و سمت‌ها به ترتیب ۱-۲ و ۵-۳ دقیقه به ترتیب برای شدت‌های خیلی سیک، سیک و

و تعیین کننده‌ای دارد [۱۳]. نتایج تحقیقات انجام شده پیرامون تأثیر تمرینات ورزشی بر سطوح لیپوکالین-۲ متفاوت است. آتشک و همکاران، در بررسی تأثیر هشت‌هفته تمرینات ورزشی مقاومتی بر مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ در مردان بزرگسال چاق، کاهش معنی‌داری در سطوح لیپوکالین-۲ مشاهده کردند. همچنین در تحقیقی دیگر که در مردم بررسی تأثیر هشت‌هفته تمرینات ورزشی مقاومتی بر مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ در دانشجویان پسر غیرورزشکار بود، سطوح لیپوکالین-۲ در گروه‌های تمرین کاهش پیدا کرد که این کاهش معنی‌دار نبود [۱۴]. اما تحقیقات قربانیان و همکاران، جعفرزاده و همکاران، عدم تغییر معنی‌داری در مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ متعاقب یک‌دوره تمرین مقاومتی را نشان دادند [۱۵، ۱۶]. در شرایط مختلف، از جمله اضافه‌وزن و چاقی، کم‌تحرکی و تمرینات ورزشی در ارتفاعات، مواد ضد اکسایشی طبیعی بدن نمی‌تواند از آسیب اکسایشی جلوگیری کند. اسپیرولینا (Spirulina) به عنوان یک آنتی‌اکسیدان و مکمل غذایی غنی که امروزه در دنیا از آن نام می‌برند و محتوى ویتامین‌های بتاکاروتین، ویتامین B، ویتامین E، پروتئین‌های با ارزش بالا، مواد معدنی و اسید گاما لیتوالنیک است، برای جلوگیری از آسیب اکسایشی مناسب است [۱۷]. همچنین Lee و همکاران، به نقش اسپیرولینا در تنظیم متابولیسم لیپیدها و کربوهیدرات‌ها پی‌برده‌اند [۱۸]. تحقیقات محدودی به بررسی توأم تمرینات ورزشی با مصرف مکمل اسپیرولینا پرداخته‌اند. دھقانی و همکاران، متعاقب هشت‌هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای توأم با مصرف مکمل اسپیرولینا بر مردان دارای اضافه‌وزن و چاق افزایش معنی‌داری در سطوح آیریزین را مشاهده کردند [۱۹]. تأثیر تمرینات ورزشی بر شاخص‌های ترکیب‌بدنی تا حدودی مشخص شده است [۲۰]. تعیین برنامه و شیوه تمرین مطلوب ورزشی که بتواند در کاهش وزن افراد مؤثر موقع شود، از اهمیت بسیاری برخوردار است. در حال حاضر اطلاعات کمی درباره تمرین مقاومتی دایره‌ای بر شاخص‌های قلبی-عروقی موجود است. به نظر می‌رسد این شیوه‌ی تمرینی با توجه به تنوع، شدت، مدت و طول دوره‌ی تمرینی می‌تواند آثار گوناگونی داشته باشد. بنابراین با توجه به شیوه اضافه‌وزن و چاقی و تمايل مردم به سمت مکمل‌های طبیعی، بدون ماده افزودنی و به خصوص مکمل‌های گیاهی و همچنین نتایج ضدونقیض در تحقیقات متعدد، در این مطالعه به بررسی تغییرات سطوح لیپوکالین-۲ پس از تمرینات مقاومتی و مصرف میکروجلبک اسپیرولینا در مردان دارای اضافه‌وزن و چاق پرداخته شده است.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق پس از اخذ مجوز کمیته اخلاق به شماره

در صد یک تکرار پیشینه طبق فرمول برزیسکی [۲۳] به مدت هشت هفته (هر دو هفته یکبار) در اولین جلسه تمرين محاسبه شد و آزمودنی ها برنامه تمرين را براساس درصد یک تکرار پیشینه جدید چرا کردند (جدول های شماره های ۱ و ۲).

متوسط، و سنگین اجرا شد. تمرین برای هر حرکت در بخش خیلی سبک (۲۰ تکرار، یکنوبت، ۴۰ درصد یک تکرار بیشینه)، بخش سبک (۱۵ تکرار، دو نوبت، ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه)، بخش متوسط (۱۰ تکرار، سه نوبت، ۷۵ درصد یک تکرار بیشینه) و بخش سنگین (چهار تکرار، سه نوبت، ۹۰ درصد یک تکرار بیشینه) بود.

((۰۰۲۷۸ × تعداد تکرار تا خستگی) / ۱۰۰۲۷۸) / وزن جایه‌جاشده (کیلوگرم) = یک تکرار پیشینه

#### جدول شماره ۱- ترتیب جلسات در برنامه تمرین مقاومتی دایره‌ای

**جدول شماره ۲- برنامه تمرین مقاومتی دایره‌ای به ترتیب سنت، تکرار و درصد مقاومت**

شدت حرکات												↙	شدت حرکات
سنگین			متوسط			سبک			خیلی سبک				
مقاومت (درصد)	تکرار ست	حرکات											
90	۴	۳	75	10	۳	60	15	۲	40	20	۱	پرس پا	
90	۴	۳	75	10	۳	60	15	۲	40	20	۱	پرس سینه	
-	-	-	-	-	-	60	15	۲	40	20	۱	پرس سینه شیبدار	
90	۴	۳	75	10	۳	60	15	۲	40	20	۱	پارویی نشسته	
90	۴	۳	75	10	۳	60	15	۲	40	20	۱	لیفت مرده	
90	۴	۳	75	10	۳	60	15	۲	40	20	۱	شکم با زانوی خمیده	
-	-	-	75	10	۳	60	15	۲	40	20	۱	کشن از بالا	
90	۴	۳	75	10	۳	60	15	۲	40	20	۱	بلندشدن روی پنجه پا	
90	۴	۳	75	10	۳	60	15	۲	40	20	۱	پشت ران	
90	۴	۳	75	10	۳	60	15	۲	40	20	۱	پرس شانه	
90	۴	۳	75	10	۳	60	15	۲	40	20	۱	کشن هالتر تا چانه	
90	۴	۳	75	10	۳	60	15	۲	40	20	۱	جلو بازو با هالتر	

نیم گرمی با مایع (۱۵۰ میلی لیتر آب) با ظاهر، وزن و بسته کاملاً مشابه با کپسول های اسپرولینا دریافت گردند.

سنجهش بیوشیمی یا بی: خون گیری از آزمودنی ها در دو مرحله پیش آزمون و دو شبانه روز بعد از آخرین جلسه تمرین با رعایت ۱۲ ساعت ناشتابی به میزان ۱۰ میلی لیتر بین ساعت ۷ تا ۱۰ صبح توسط کارشناسان علوم آزمایشگاهی با بستن شریان بند از سیاه رگ آتنی کوبیتال بازویی چپ گرفته شد و برای پیشگیری از لخته شدن خون ها در لوله های CBC محتوى ماده ضد آتفقاد (EDTA) ریخته شد. سپس نمونه خونی در هر دو مرحله (پیش آزمون و پس آزمون) Hettieh Rotofix32A مدل بلا فاصله با دستگاه سانتریفیوژ ساخت کشور آلمان (۳۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه) سانتریفیوژ شد

مصرف میکروجلبک اسپیرولینتا: این میکروجلبک از شرکت داروسازی ریحان نقش چهان اصفهان با مجوز ثبت فرآورده (IRC908021898759013) از معاونت غذا و دارو، وزارت بهداشت و درمان آموزش پزشکی و همچنین کپسول دارونما از شرکت نادر اصفهان تهیه گردید و آزمودنی های گروههای تمرین + اسپیرولینتا، سپیرولینا به مدت هشت هفته روزانه دو عدد کپسول نیم گرمی اسپیرولینا (وزن دوز مصرف تعیین شده تو سط شرکت سازنده) با مایع (۱۵۰ میلی لیتر آب) را در دو نوبت صبح (قبل از ناهار) و عصر (بعد از ناهار) مصرف نمودند [۲۴]. همچنین گروه های تمرین + دارو، دارو، ما کپسول دارو، ما (محتوی

هلسینکی فنلاند تمامی ضوابط از جمله قبول کردن مسؤولیت تحقیق تو سط محقق، تغییر رویکرد در موقع خطرناک، تضمیم من سجم در نتایج، توافق عادلانه، خارج شدن آزمودنی‌ها در صورت منصرف شدن از ادامه حضور در تحقیق، دادن آگاهی به آزمودنی‌ها از خطرات روانی و جسمانی تحقیق و استفاده از اطلاعات استخراج شده با اجازه شخصی آن‌ها در جهت اجرای این تحقیق و در اختیار قراردادن نتایج به آزمودنی‌ها مدنظر قرار گرفت.

روش آماری: به منظور تعیین توزیع نرمال‌بودن اطلاعات از آزمون شاپیرولیک، بر سی تغییرات درون‌گروهی از آزمون T همبسته، تفاوت بین گروه‌های مختلف تحقیق (تفاوت پیش و پس آزمون) از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA)، آزمون تعییی LSD در سطح معنی‌داری  $P < 0.05$  استفاده شد. تمامی مرحله‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ تحلیل شد.

### نتایج

میانگین سن (سال) و قد (متر) آزمودنی‌ها در گروه‌های تمرین + اسپیرولینا، تمرین + دارونما، اسپیرولینا و دارونما در جدول شماره ۳ ذکر شده است.

و جداسازی پلاسما صورت گرفت و در ویال‌ها تقسیم و در دمای ۸۰-۸۱-فریز و نگهداری شد. آزمودنی‌ها یک شبانه‌روز بعد از نمونه‌گیری اویله برنامه تمرین را سه جلسه در هفته و به مدت ۲۴ جلسه اجرا نمودند (جدول‌های شماره‌های ۲، ۱). پس از پایان تمرینات در مرحله دوم شاخص‌های ترکیب‌بدنی شبیه مرحله اول با رعایت شرایط ذکر شده اندازه‌گیری شد. سیس نمونه‌های خونی (پلاسما) در محل بخش تخصصی هورمون آزمایشگاه بیمارستان امام‌الصلوات (ع) بیرجند پس از خروج از فریزر باز شد. برای سنجش مقادیر پلاسماهی لیپوکالین-۲ نمونه‌ها قبل و بعد از مداخله همزمان از فریز خارج و به جهت همدماهی با محیط به مدت ۳۰ دقیقه در آزمایشگاه قرار داده شد. مقادیر لیپوکالین-۲ با دستگاه الایزا ریدر مدل Liosion ساخت کشور آمریکا و با استفاده از کیت تحقیقاتی نمونه انسانی شرکت زلبایو با حساسیت ۰/۰۵ نانوگرم بر میلی‌لیتر ساخت کشور آلمان و به روش الایزا ساندویچی مستقیم برای هر آزمونی استفاده شد.

در این تحقیق به جهت رعایت اصول اخلاقی از تمامی آزمودنی‌ها پیش از اجرای تحقیق رضایت آگاهانه اخذ شد و همچنین براساس شیوه‌نامه اخلاقی انجمن روان‌شناسی ایالات متحده آمریکا و بیانیه

جدول شماره ۳- میانگین و انحراف معیار سن (سال) و قد (متر) آزمودنی‌های گروه‌های تحقیق

متغیر	تمرين + اسپيرولينا	تمرين + دارونما	تمرين + اسپيرولينا	تمرين + اسپيرولينا	سن (سال)
	(انحراف استاندارد ± میانگین)	قد (متر)			
	۳۹/۳۳۳±۱۰/۹۶۵	۳۷/۰۶۶±۶/۴۲۱	۳۶/۰۰۰±۶/۱۹۹		
	۳۵/۴۰۰±۸/۷۱۶	۳۵/۴۰۰±۸/۷۱۶	۳۵/۴۰۰±۸/۷۱۶		

جدول شماره ۴- تغییرات متغیرهای تحقیق قبل و بعد از مداخله

P بین گروهی	دارونما	اسپیرولینا	تمرين + دارونما	تمرين + اسپيرولينا	گروه	متغیر
		(انحراف استاندارد ± میانگین)	(انحراف استاندارد ± میانگین)	(انحراف استاندارد ± میانگین)		
*۰/۰۱۲	۴/۱۱۳±۱/۸۳۰	۴/۱۸۵±۱/۹۰۹	۳/۷۰۱±۱/۱۲۱	۴/۰۹۴±۰/۹۶۱	پیش آزمون	لیپوکالین-۲
	۴/۱۳۳±۱/۲۴۵	۳/۷۷۲±۲/۶۱۴	۳/۲۷۵±۱/۲۴۹	۳/۳۴۹±۰/۶۴۴	پس آزمون	(نانوگرم بر میلی‌لیتر)
	۰/۹۲۸	۰/۶۰۲	۰/۰۵۲	*۰/۰۱۵	درون‌گروهی	
۰/۳۰۴	۲۸/۸۵۳±۵/۵۶۸	۳۱/۰۶۶±۴/۱۹۱	۲۹/۶۴۶±۱/۷۶۹	۳۲/۰۷۳±۳/۸۵۹	پیش آزمون	درصد چربی بدن
	۲۷/۸۶۰±۵/۳۱۵	۳۰/۴۹۳±۳/۷۷۳	۲۷/۹۷۳±۲/۶۰۵	۳۰/۳۸۶±۳/۶۸۸	پس آزمون	(.%)
	۰/۰۷۲	۰/۰۸۲	*۰/۰۰۲	*۰/۰۰۲	درون‌گروهی	
۰/۱۹۱	۴۴/۹۶۶±۶/۲۸۳	۴۶/۳۶۰±۶/۱۹۵	۴۷/۱۱۳±۶/۷۴۷	۵۱/۶۴۲±۱۰/۸۶۲	پیش آزمون	میزان آب بدن
	۴۵/۵۵۳±۶/۰۲۳	۴۵/۸۶۶±۵/۸۹۹	۴۷/۴۸۰±۶/۶۶۶	۵۲/۱۶۰±۷/۶۸۳	پس آزمون	(میلی‌لیتر)
	۰/۳۸۴	۰/۶۱۳	۰/۳۶۱	۰/۷۳۰	درون‌گروهی	
۰/۳۹۱	۶۲/۰۹۳±۸/۹۸۰	۶۳/۵۸۰±۸/۴۴۹	۶۵/۸۶۶±۱۰/۰۰۹	۶۷/۳۶۰±۱۲/۴۳۱	پیش آزمون	توده خالص بدن
	۶۲/۹۶۴±۸/۷۷۸	۶۴/۳۹۳±۸/۵۷۲	۶۷/۱۶۰±۸/۴۴۰	۷۱/۲۹۲±۱۱/۵۴۶	پس آزمون	(کیلوگرم)
	۰/۳۵۸	۰/۶۲۰	۰/۳۱۰	*۰/۰۴۷	درون‌گروهی	

\*نشانه معنی‌داری آماری است.

شماره ۵). همچنین براساس آزمون  $\alpha$  وابسته مقادیر لیپوکالین-۲ در گروه تمرین + اسپرولینا ( $P=0.015$ ) و درصد چربی در گروه‌های تمرین + اسپرولینا ( $P=0.002$ ), تمرین + دارونما ( $P=0.002$ ) کاهش معنی‌داری داشت؛ اما، توده خالص عضلانی در گروه تمرین + اسپرولینا ( $P=0.047$ ) افزایش معنی‌داری داشت ( $P<0.05$ ). مقادیر لیپوکالین-۲، درصد چربی بدن، میزان آب بدن و توده خالص بدن در گروه‌های دارونما تغییر معنی‌داری نداشت ( $P>0.05$ ) (جدول شماره ۵).

طبق آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه متغیرهای تحقیق بین گروه‌های موردمطالعه در مرحله پیش‌آزمون تفاوت معنی‌داری نداشتند ( $P>0.05$ ). میانگین، انحراف معیار و تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی شاخص‌های توصیفی متغیرها قبل و بعد از مداخله در چهار گروه موردمطالعه در جدول‌های شماره‌های ۴ و ۵ آمده است. براساس آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ بین گروه‌های تمرین + اسپرولینا و اسپرولینا ( $P=0.022$ ), تمرین + دارونما و اسپرولینا ( $P=0.006$ ) و اسپرولینا و دارونما ( $P=0.006$ ) تفاوت معنی‌داری را نشان داد ( $P<0.05$ ). (جدول شماره ۵)

جدول شماره ۵- نتایج آزمون تعقیبی LSD در مورد لیپوکالین-۲ در گروه‌های تحقیق

متغیر	گروه	گروه‌ها	اختلاف میانگین	سطح معنی‌داری
(نانو گرم بر میلی لیتر)	تمرین + دارونما	تمرین + اسپرولینا	-۱/۲۸۷	* $0.022$
	دارونما	اسپرولینا	۰/۴۰۸	۰/۴۵۶
	تمرین + اسپرولینا	تمرین + دارونما	-۰/۲۵۳	۰/۶۴۴
لیپوکالین-۲	تمرین + دارونما	اسپرولینا	-۱/۵۴۰	* $0.006$
	دارونما	دارونما	۰/۱۵۵	۰/۷۷۶
	تمرین + اسپرولینا	تمرین + اسپرولینا	۱/۲۸۷	* $0.022$
۰/۶۴۴	تمرين + دارونما	اسپرولينا	۱/۵۴۰	* $0.006$
	دارونما	دارونما	۱/۶۹۶	* $0.003$
	تمرين + اسپرولينا	تمرين + اسپرولينا	-۰/۴۰۸	۰/۴۵۶
۰/۷۷۶	تمرين + دارونما	دارونما	-۰/۱۵۵	۰/۷۷۶
	اسپرولينا	اسپرولينا	-۱/۶۹۶	* $0.003$

می‌رسد دو عامل نقش اساسی دارند: یکی از این عوامل کاهش بافت چربی در نتیجه تمرین ورزشی می‌باشد. به عبارت واضح‌تر، کاهش بافت چربی به‌ویژه چربی احتشامی پس از تمرین که باعث کاهش مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ خواهد شد، عامل دیگر شدت و حجم تمرین ورزشی اعمال شده می‌باشد [۲۵،۱۵]. مکانیزم‌های بالقوه‌ای تمرین ورزشی اعمال شده می‌باشد [۲۵،۱۵]. مکانیزم‌های بالقوه‌ای فاکتور هسته‌ای-کاپاپی (NF-kB) می‌تواند بیان ژن لیپوکالین-۲ را کاهش دهد [۲۷،۲۶]. همچنین درنتیجه تغییر در غلظت‌های ایترولوکین-۶ و عامل نکروز تومور-آلfa سطوح لیپوکالین-۲ نیز تغییر (کاهش یا افزایش) پیدا می‌کند که به عنوان مکانیزم بالقوه دیگری پیشنهاد شده است [۲۸]. تحقیقات بیشتری نیاز است، تا نقش این مکانیزم‌های بالقوه در نحوه سازگاری مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ با تمرین ورزشی آشکارتر گردد. پژوهش قربانیان و همکاران پس از هشت هفته تمرین مقاومتی تغییرات لیپوکالین-۲ معنی‌دار نبود. یکی

## بحث

هدف از این مطالعه تغییرات سطوح لیپوکالین-۲ پس از تمرینات مقاومتی و مصرف میکروجلبک اسپرولینا در مردان دارای اضافه‌وزن و چاق بود. مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ بین گروه‌های تمرین + اسپرولینا و اسپرولینا، تمرین + دارونما و اسپرولینا و اسپرولینا و دارونما تفاوت معنی‌داری را نشان داد. مقادیر لیپوکالین-۲ در گروه تمرین + اسپرولینا و دارونما کاهش معنی‌داری داشت، اما توده خالص اسپرولینا، تمرین + دارونما کاهش معنی‌داری داشت، اما توده خالص بدن در گروه تمرین + اسپرولینا افزایش معنی‌داری را نشان داد. با توجه به این که تاکنون تحقیقی به طور مستقیم به بررسی همزمان تمرین مقاومتی دایره‌ای و مکمل اسپرولینا نپرداخته است، بنابراین به تحقیقات نزدیک به آن می‌پردازیم. نتایج تحقیق حاضر با نتایج مطالعه قربانیان و همکاران (۲۰۱۷) و حیاتی و همکاران (۱۳۹۶) ناهمسو و با نتایج تحقیقات آتشک و همکاران (۲۰۱۷)، طالبی و همکاران (۲۰۱۳) و مهربانی و همکاران (۱۳۹۳) همسو است. درخصوص دلایل تغییر سطوح لیپوکالین-۲ متعاقب تمرین ورزشی، به نظر

کردنده [۳۶] که با تغییرات پلاسمایی لیپوکالین-۲ در تحقیق حاضر ناهمسو است. عدم تغییر مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ متعاقب تمرينات مقاومتی در تحقیق قربانیان و همکاران، (۲۰۱۶) در مردان چاق غیرفعال مشاهده شد. با توجه به ناهمسوی تغییرات مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ در تحقیقات حیاتی و همکاران (۱۳۹۶)، و قربانیان و همکاران (۲۰۱۶)، با تغییرات مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ در تحقیق حاضر می‌توان به این مطلب اشاره کرد که احتمالاً مکانیسم‌های دیگری علاوه‌بر تمرينات ورزشی بر کاهش مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ مؤثر باشد. همچنین می‌توان این گونه بیان نمود که ارتباط بین مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ با چاقی مرکزی ممکن است مکانیسم دیگری از جمله نشانگرهای التهابی مانند IL-6 و TNF- $\alpha$  در تغییرات (کاهش یا افزایش) سطوح لیپوکالین-۲ مؤثر باشد. همچنین می‌توان به نقش منابع غیرچربی در ترشح مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ اشاره نمود و علاوه‌بر آن تغییرات مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ نیز ممکن است تحت تأثیر سلول‌های بافت اپی‌تلیال، کبد، ریه‌ها و ماکروفاژها باشد [۳۴، ۳۳]. از سوی دیگر دمیرچی و همکاران (۲۰۱۱)، در تحقیقی متعاقب تمرينات مقاومتی باشدت بالا بر دو گروه مردان (چاق و با وزن طبیعی) افزایش مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ را در هر دو گروه گزارش کردنده که این نتایج ناهمسو با کاهش معنی دار مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ در تحقیق حاضر می‌باشد. احتمالاً دلیل ناهمسوی در تحقیق دمیرچی و همکاران (۲۰۱۱)، را می‌توان بهشدت بالای تمرينات نسبت داد که به عنوان یک محرك التهابی موجب تخریب پروتئین، بافت‌های چربی و درنتیجه افزایش مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ می‌شود [۳۷]. احتمالاً به جز ارتباطات پیچیده درونی و اختلالات متabolیکی ناشی از چاقی بین لیپوکالین-۲ و التهاب و عوامل دیگری از جمله سوخت‌وساز سوبسترا و تغییرات هورمونی وجود دارند که باعث افزایش یا کاهش مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ می‌شود که مستقل از اثرات تمرين است. اضافه‌وزن و چاقی نیز با افزایش فشار اکسایشی و رادیکال‌های آزاد همراه است و مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ نیز افزایش می‌یابد [۳۸]. همچنین در گزارشی بیان بالای مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ بعد از مواجهه با فشارهای اکسیداتیو گزارش شده است [۳۹]. بنابراین تمرينات ورزشی به همراه مصرف مکمل اسپرولینا به نظر می‌رسد باعث کاهش سطوح شاخص‌های التهابی از جمله لیپوکالین-۲ شود. بنابراین با توجه به این که بخشی از تحقیق حاضر به تأثیر مکمل اسپرولینا به همراه تمرين مقاومتی دایره‌ای می‌پردازد، ممکن است این مکمل در کاهش رادیکال‌های آزاد و بهتیع آن در کاهش مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ نقش مؤثری داشته باشد که البته تحقیقات بیشتر در این زمینه ضروری است. در یک نتیجه‌گیری

از تناقض‌های نتایج لیپوکالین-۲ با نتایج تحقیق حاضر ممکن است به نقش منابع غیرچربی از جمله سلول‌های بافت اپی‌تلیال، ماکروفاژها، کبد، کلیه و ریه اشاره نمود که توانایی ترشح لیپوکالین-۲ را به عهده دارند [۲۹]. به نظر می‌رسد همچنین برخی محرك‌های التهابی لیپوپلی‌ساقاریدها و ایترولوکین-۱ بنا نیز موجب بیان ترشح لیپوکالین-۲ در بافت‌های مذکور شوند [۳۰]. احتمالاً فعالیت‌های ورزشی تحریک این سلول‌ها و عوامل التهابی فوق را کاهش می‌دهد و همچنین یکی دیگر از دلایل احتمالی این تناقض، بالاودن درصد چربی پایه و کاهش بیشتر بافت چربی به ویژه چربی‌های احشایی در اثر تمرين است. اما آتشک و همکاران کاهش غلظت لیپوکالین-۲ و بهبود شاخص‌های درصد چربی بدن را پس از هشت‌هفته تمرين مقاومتی مشاهده کردنده که با نتایج تحقیق حاضر همسو می‌باشد [۳۱]. برخی از محققان گزارش داده‌اند که انجام فعالیت‌های ورزشی باعث کاهش فعالیت عامل نسخه‌برداری پیش‌التهابی (NF- $\kappa$ B) است که بیان لیپوکالین-۲ را فعال می‌سازد [۳۲]. یکی از رویکردهای مهم و اساسی برای کاهش شاخص‌های التهابی مانند سطوح پلاسمایی لیپوکالین-۲ و بهبود ترکیب بدن است. همچنین تمرينات ورزشی منظم با کاهش سایتوکاین‌های ضدالالتهابی و کاهش تحریک سمتاپاتیکی، باعث مهار ترشح میانجی‌های التهابی مثل ایترولوکین-۱ بنا از بافت چربی می‌شود [۳۴، ۳۳]. بر این اساس به نظر می‌رسد کاهش مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ احتمالاً ناشی از اثر ضدالالتهابی تمرين باشد. اگرچه هدف تحقیق حاضر به بررسی علت‌های کاهش مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ می‌پردازد، احتمالاً تمرينات ورزشی از طریق بیشترشدن سایتوکاین‌های ضدالالتهابی و کاهش تحریک سمتاپاتیکی باعث کاهش شاخص التهابی لیپوکالین-۲ شده باشد. همچنین به نظر می‌رسد تأثیر تمرين مقاومتی بر توده عضلانی و التهاب سیستمی ممکن است منجر به تعديل آدیپوکاین‌های ضدالالتهابی شود؛ همان‌طور که در بافت‌های تحقیق طالبی و همکاران، (۲۰۱۳) تمرينات ورزشی باشدت مناسب موجب کاهش سطوح شاخص‌های التهابی از جمله مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ شده است [۲۷]. به نظر می‌رسد فعالیت ورزشی به دلیل ماهیت ضدالالتهابی می‌تواند باعث کاهش سطوح لیپوکالین-۲ در افراد سالم شود. در همین راستا مهریانی و همکاران، (۱۳۹۳) کاهش معنی دار مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲، ایترولوکین-۱ متعاقب تمرينات هوایی (باشدت متوسط و بالا) و مقاومت در مردان چاق غیرفعال را مشاهده کردنده [۳۵] که با تغییرات مقادیر پلاسمایی لیپوکالین-۲ در تحقیق حاضر همسو است. در همین راستا حیاتی و همکاران، (۱۳۹۶) پس از شش هفته تمرينات ترکیبی (هوایی و مقاومتی) کاهش معنی دار مقاومت به انسولین و عدم تغییر معنی دار سطوح لیپوکالین-۲ را تأیید

محققان تلاش کردند که رژیم غذایی آزمودنی‌ها را تا حدودی کنترل نمایند و از هرگونه تمرینات منظم ورزشی غیر از برنامه تمرینی خودداری کنند، اما کنترل دقیق این موارد در مطالعات انسانی به طور کامل میسر نیست.

### نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد مکمل اسپیرولینا توأم با تمرین مقاومتی بهتر از اثر تمرین یا مکمل اسپیرولینا هر کدام به تنهایی در مقادیر لیپوکالین-۲، متابولیسم لیپیدها و شاخص‌های ترکیب‌بدنی در افراد چاق مؤثرتر باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی تغییرات مقادیر لیپوکالین-۲ و شاخص‌های ترکیب‌بدنی با اجرای شوه‌های متفاوت تمرین و با شدت‌های مختلف بررسی شود، همچنین مصرف مکمل اسپیرولینا با دوزهای مصرف بالاتر، جنسیت، سنین مختلف و با کنترل اسپیرولینا با دوزهای مصرف بالاتر، جنسیت، سنین مختلف و با اثراش کننده بر ترکیب‌بدنی در افراد چاق مؤثر است. اثراش کننده برخی از پژوهشگران به نقش مؤثر اسپیرولینا در تنظیم متابولیسم لیپیدها و کربوهیدرات‌ها پی برده‌اند [۴۰]. احتمالاً اثر آتنی اکسیدانی موجود در اسپیرولینا که نقش تعادل در فشار اکسایشی را ایفا می‌کند، در تعامل با تمرین مقاومتی بهتر از آثار تمرین در متابولیسم لیپیدها به خصوص (چربی زیرپوستی و احتشای) و شاخص‌های ترکیب‌بدنی در افراد چاق عمل کند. طبق نتایج این تحقیق احتمالاً مکمل اسپیرولینا بر عوامل ترکیب‌بدنی در افراد دارای اضافه‌وزن و چاق تأثیر داشته باشد که این می‌تواند یک نوآوری بین‌رشته‌ای در علوم ورزشی و علوم پزشکی در جهت کنترل وزن بدن و پیشگیری از بیماری‌های وابسته با چاقی باشد. نتایج این تحقیق و تأیید آن به تحقیقات بیشتری نیاز دارد. همچنین چون آزمودنی‌ها انسان بودند، نقش کنترل برنامه رژیم غذایی در کسب نتایج مختلف و متفاوت را نباید نادیده گرفت. البته این تفاوت‌ها ممکن است ریشه در عواملی همچون مدت و شدت دوره تمرین، پروتکل تمرین، همچنین نژاد و جنس آزمودنی‌ها داشته باشد. نتایج این تحقیق با محدودیت‌هایی همچون طولانی‌بودن دوره تمرین روبرو بود و

می‌توان بیان کرد که احتمالاً تمرینی که شدت داشته باشد، ولی شدت آن موجب فعال شدن پروتولیز نشود، می‌تواند به همراه مصرف مکمل اسپیرولینا سبب کاهش مقادیر لیپوکالین-۲ شود. با توجه به این که در تحقیق حاضر تمرین مقاومتی دایره‌ای توأمان با مصرف مکمل اسپیرولینا بر روی افراد دارای اضافه‌وزن و چاق موربد بررسی قرار گرفته است، احتمالاً یکی از عوامل کاهش درون‌گروهی درصد چربی علاوه‌بر تمرین مقاومتی دایره‌ای ناشی از تأثیر مکمل اسپیرولینا باشد. همچنین برخی از پژوهشگران به نقش مؤثر اسپیرولینا در تنظیم اثراش کننده برخی از پژوهشگران به نقش مؤثر اسپیرولینا در تنظیم آتنی اکسیدانی موجود در اسپیرولینا که نقش تعادل در فشار اکسایشی را ایفا می‌کند، در تعامل با تمرین مقاومتی بهتر از آثار تمرین در متابولیسم لیپیدها به خصوص (چربی زیرپوستی و احتشای) و شاخص‌های ترکیب‌بدنی در افراد چاق عمل کند. طبق نتایج این تحقیق احتمالاً مکمل اسپیرولینا بر عوامل ترکیب‌بدنی در افراد دارای اضافه‌وزن و چاق تأثیر داشته باشد که این می‌تواند یک نوآوری بین‌رشته‌ای در علوم ورزشی و علوم پزشکی در جهت کنترل وزن بدن و پیشگیری از بیماری‌های وابسته با چاقی باشد. نتایج این تحقیق و تأیید آن به تحقیقات بیشتری نیاز دارد. همچنین چون آزمودنی‌ها انسان بودند، نقش کنترل برنامه رژیم غذایی در کسب نتایج مختلف و متفاوت را نباید نادیده گرفت. البته این تفاوت‌ها ممکن است ریشه در عواملی همچون مدت و شدت دوره تمرین، پروتکل تمرین، همچنین نژاد و جنس آزمودنی‌ها داشته باشد. نتایج این تحقیق با محدودیت‌هایی همچون طولانی‌بودن دوره تمرین روبرو بود و

### References:

- [1] Engin, A. The Definition and Prevalence of Obesity and Metabolic Syndrome. *Adv Exp Med Biol* 2017; 960:1-17.
- [2] Suleyman, A. Three new players in energy regulation: Preptin, adiponin and irisin. *Peptides*. 2014; 56: 94–110.
- [3] Hida K, Wada J, Eguchi J, Zhang H, Baba M, Seida A, et al. Visceral adipose tissue-derived serine protease inhibitor a unique insulin-sensitizing adipocytokine in obesity. *Proc Natl Acad Sci U S A*.2005; 102(30): 105-106.
- [4] Havel, P. Control of energy homeostasis and insulin action by adipocyte hormones: leptin, acylation stimulating protein, and adiponectin. *Curr Opin Lipodol*. 2002; 13: 51-9.
- [5] Berggren JR, Hulver MW, Houmard JA. Fat as an endocrine organ: influence of exercise. *J Appl Physiol*.2005; 99: 757-64.
- [6] Wang Y, Lam KSL, Kraegen EW, Sweeney G, Zhang J, Annette W K Tso et al. Lipocalin-2 is an inflammatory marker closely associated with obesity, insulin resistance, and hyperglycemia in humans. *Clin Chem*. 2007; 53(1): 34-41.
- [7] Fu Y, Luo N, Klein R, and Garve, WT. Adiponectin promotes adipocyte differentiation, insulin sensitivity, and lipid accumulation. *J Lipid Res*. 2005; 46: 1369-79.
- [8] Sommer G, Weise S, Kralisch S, Lossner U, Bluher M, Stumvoll M, et al. Lipocalin-2 is induced by interleukin-1 $\beta$  in murine adipocytes in vitro. *J Cell Biochemistry*. 2009; 106: 103-8.
- [9] Flower, DR. Beyond the superfamily: the lipocalin receptors. *Biochim Biophys Acta*. 2000; 1482: 327-36.
- [10] Xu A, Tso AW, Cheung BM, Wang Y, Wat NM, Fong CH, et al. Circulating adipocyte fatty acid binding protein levels predict the development of the metabolic syndrome: a 5-year prospective study. *Circulation*. 2007; 115: 1537-43.
- [11] Yeung DC, Xu A, Cheung CW, Wat NM, Yau MH, Fong, CH et al. Serum adipocyte fatty acidbinding protein levels were independently

- associated with carotid atherosclerosis. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 2007; 27: 1796-802.
- [12] Cowland JB, Sorensen DE, Sehested M, Borregaard, N. Neutrophil gelatinase-associated lipocalin is up regulated in human epithelial cells by IL-1 but not by TNF-α. *J Immunol.* 2003; 171: 6630-9.
- [13] Albert MA, Ridker PM. The Role of C-Reactive Protein in Cardiovascular Disease Risk. *Curr Cardiol Rep.* 1999; 1: 99-104.
- [14] Bassuk S, Rifai N, Ridker PM. High-sensitivity C-reactive protein: clinical importance. *Curr Probl Cardiol.* 2004; 29(8): 439-93.
- [15] Ghorbanian B, esmaeilzadeh D. Effect of Progressive Resistance Training on Serum LCN2 and Lipid Profiles in In-active Men. *Iranian J Endocrinol Metab* 2017; 18(5): 378-85.
- [16] jafarzadeh D, Maryam Sh, Afsaneh K, Mohammad R, Hedayati Mehdi. Effect of eight weeks of aerobic interval training on plasma levels of lipocalin-2, glucose insulin and insulin resistance in Obesity women. *J of Exercise Physiology and Physical Activity.* 2014; 15: 1156-166.
- [17] Hozayen WG, 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; 5(1): 57-64.
- [18] Lee EH, Park JE, Choi YJ, Huh KB, Kim WY. A randomized study to establish the effects of spirulina in type 2 diabetes mellitus patients, *Nutr Res Pract.* 2008; 2(4): 295-300.
- [19] Dehghani K, Mogharnasi M, Saghebjoo 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. *Armaghan Danesh.* 2020; 25 (3): 332-45. (Persian).
- [20] American Diabetes Association. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care.* 2005; 28(1): 37-42.
- [21] Felck SJ KW, Kraemer, WJ. Designing Resistance Training Programs. Human Kinetics Publishing, 2004; Champaign, Illinois, 3rd edition. *J Human Kinetics Special Issue* 2011; 41-5.
- [22] Nikseresht M A-AH, Azarbajjani M, Ebrahim Kh. effects of nonlinear resistance and aerobic interval training on cytokines and insulin resistance in sedentary men who are obese. *J Strength Conditioning Res* 2014; 28: 2560-68.
- [23] Brzycki M. A practical approach to strength training. 1st ed. Mc GrawHill: *Women's sports fitness* 1993; 5457-563.
- [24] Hooshmand Moghadam B, Kordi M R, Attarzade Hosseini SR, Davaloo T. Aerobic exercises and Supplement Spirulina reduce inflammation in diabetic men. *Ijmj* 2018; 16(4): 10-18. (in Persian)
- [25] Hosseini SA, Shadmehri S, Bakhsh ZR, Rahmani M, Kazemi N. The Effect of Eight Weeks of Combined Exercise on Retinol Binding Protein 4, Fatty Acid Binding Protein and Lipocalin-2 in Type 2 Diabetic Women (Clinical Trial). *Thrita.* 2019; 7(2): 848-879.
- [26] Khademi S, Ranjbar R, Ghanbarzadeh M. Effect of 8 weeks of circuit training on serum Irisin levels and Insulin Resistance Index in overweight girls. *Jsmt* 2015; 13 (10):91-101.
- [27] Talebi-Garakani E, Safarzade, A. Resistance training decreases serum inflammatory markers in diabetic rats, *Endocrine* 2013; 43(3): 564-70.
- [28] Mogharnasi M, TaheriChadorneshin H, Papoli Baravati SA, Teymuri A. Effects of upper-body resistance exercise training on serum nesfatin-1 level, insulin resistance, and body composition in obese paraplegic men, *Disability Health J* 2018; 12(1): 29-34.
- [29] Elliott K J, Sale C, Cable N. T. Effects of resistance training and detraining on muscle strength and blood lipid profiles in postmenopausal women. *Br JSM.* 2002; 36(5): 340-4.
- [30] Mohammadi D- A, Khajehlandi A. The Effects of 8 Eight Weeks Resistance Versus Endurance Training on Lipocalin-2 level in Non-Athlete Male Students. *Armaghan Danesh* 2012; 17(5): 460-8.
- [31] Atashak, S., A. M., Sharifi H. Effect of three-month progressive resistance training on leptin and Interleukin-6 concentration in obese men. *Pejouhandeh.* 2011; 16(4): 154-61.
- [32] Choi K, Kim T, Yoo H, Lee K, Cho G, Hwang T, et al. Effect of exercise training on A-FABP, lipocalin-2 and RBP4 levels in obese women. *Clin Endocrinol.* 2009; 70(4): 569-574.
- [33] Wrann CD, White JP, Salogiannnis J, Laznik-Bogoslavski D, Wu J, Ma D, Lin JD, et al. Exercise induces hippocampal BDNF through a PGC-1α/FNDC5 pathway. *Cell Metab.* 2013; 18(5): 649-59.
- [34] Polyzos S. A, Kountouras J, Anastasilakis A. D, Geladari, E. V, Mantzoros C. S. Irisin in patients with nonalcoholic fatty liver disease, *Metabolism.* 2014; 63(2): 207-17.
- [35] Mehrabani J, Demirchi A, Rahmaninia F. The effect of two intensities of aerobic exercise on levels of lipocalin-2, interleukin-1 beta and insulin resistance index in inactive obese men. *J Sports Physiology, Institute Physical Education Sport Sci* 2014, 6 (21), 108-95.
- [36] Hayati Z, Naqibi S, Assad M- R . The effect of combined aerobic and strength training on lipocalin-2 levels and some metabolic risk indicators in overweight women", M.Sc. Thesis.1396; *Payame Noor University*.
- [37] Damirchi A, Rahmani-Nia F, Mehrabani J. Effect of a single bout graded exercise on the cytokines response and insulin resistance index. *Brazilian J Biomatricity* 2011; 5(2): 132-40.
- [38] Roudkenar MH, Halabian R, Ghasemipour Z, Roushandeh AM, Rouhbakhsh M, Nekogoftar M, et

al. Neutrophil gelatinase-associated lipocalin acts as a protective factor against H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> toxicity. *Arch Med Res* 2008; 39(6): 560-6.

[39] Bolignano D, Donato V, Coppolino G, Campo S, Buemi A, Lacquaniti A et al. Neutrophil gelatinase-associated lipocalin (NGAL) as a marker

of kidney damage. *Am J Kidney Dis* 2008; 52(3): 595-605.

[40] Lee EH, Park JE, Choi YJ, Huh KB, Kim WY. A randomized study to establish the effects of spirulina in type 2 diabetes mellitus patients. *Nutr Res Pract* 2008; 2(4): 295-300.

