

# The effect of 8 weeks of interval training along with spirulina supplementation on immunoglobulin levels, body composition and cardio-respiratory fitness of women with hypertension

Mahtab Norozi<sup>1</sup>, Bahram Abedi<sup>2\*</sup>, Mojtaba Khansooz<sup>3and4</sup>

1 -Master's degree student, Department of Physical Education, Islamic Azad University, Mahalat Branch, Mahalat, Iran

2-Professor, Department of Exercise Physiology, Tehran north Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

3 -Ph.D., Department of Physical Education and Sports Sciences, Islamic Azad University, Arak Branch, Arak, Iran.

4 -Ph.D., Department of Physical Education and Sports Sciences, Arak University, Arak, Iran.

---

## Abstract

**Introduction:** The purpose of this research was the effect of 8 weeks of interval training along with spirulina supplementation on immunoglobulin levels, body composition and cardio-respiratory fitness of women with hypertension.

**Methods:** In this applied research, a total of 40 women with high blood pressure were randomly divided into four groups of 10: control group, high intensity interval training (HIIT), spirulina group (SG) and combined group, i.e. training and supplementation (CG). Study indicators including age, height, BMI, immunoglobulin, lean mass, VO<sub>2</sub>max and body composition (dual energy x-ray absorptiometry) were measured before and after the intervention. Finally, the data were evaluated using one-way analysis of variance (ANOVA), and then Tukey's post hoc test in SPSS version 22 if the means were significant.

**Results:** 8 weeks of intermittent exercise and spirulina supplementation, intermittent exercise and spirulina supplementation had a positive and increasing effect on the humoral immunity indices A and G, Vo<sub>2</sub>max index and fat-free mass, and had a negative and reducing effect on the body composition and blood pressure of women ( $p < 0.05$ ).

**Discussion:** According to the findings, it seems that 8 weeks of interval training along with spirulina supplement is a suitable option for increasing the levels of immunoglobulin, maximum oxygen consumption and fat-free mass of women and reducing the percentage of fat and blood pressure of women with hypertension.

**Keywords:** cardiorespiratory fitness, spirulina, interval training, immunoglobulin levels

---

\***Corresponding Author:** Department of Physical Education, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: [Bahram.Abedi@iau.ac.ir](mailto:Bahram.Abedi@iau.ac.ir)

# تأثیر ۸ هفته تمرین تناوبی به همراه مصرف مکمل اسپرولینا بر سطوح ایمونوگلوبین، ترکیب بدنی و آمادگی قلبی-تنفسی زنان دارای فشار خون

مهتاب نوروزی<sup>۱</sup>، بهرام عابدی<sup>۲\*</sup>، مجتبی خان سوز<sup>۳</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه تربیت بدنی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد محلات، محلات، ایران

۲- استاد، گروه فیزیولوژی ورزش، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- دکتری، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، اراک، ایران.

۴- دکتری، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

## چکیده

**هدف:** از انجام این پژوهش تأثیر ۸ هفته تمرین تناوبی به همراه مصرف مکمل اسپرولینا بر سطوح ایمونوگلوبین، ترکیب بدنی و آمادگی قلبی-تنفسی زنان دارای فشار خون بود.

**مواد روش ها:** در این پژوهش کاربردی در مجموع ۴۰ زن دارای فشار خون به طور تصادفی به چهار ۱۰ نفری گروه کنترل، تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT)، گروه اسپرولینا (SG) و گروه ترکیبی یا همان تمرین و مکمل (CG) تقسیم شدند. شاخص های مطالعه از جمله سن، قد، BMI، ایمونوگلوبین، توده بدون چربی،  $VO_{2max}$  و ترکیب بدن (جذب سنجی اشعه ایکس با انرژی دوگانه) قبل و پس از مداخله اندازه گیری شد. در نهایت داده ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA)، و سپس در صورت معنی داری میانگین ها، از آزمون تعقیبی Tukey در نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ مورد ارزیابی قرار گرفت.

**یافته ها:** ۸ هفته تمرین تناوبی و مصرف مکمل اسپرولینا، تمرین تناوبی و مکملی دهی اسپرولینا بر شاخص های ایمنی همورال  $G$  و  $A$ ، شاخص  $VO_{2max}$  و توده بدون چربی دارای تأثیر مثبت و افزایش دهنده بوده و بر ترکیب بدنی و فشار خون زنان تأثیر منفی و کاهش دهنده داشت ( $p < 0.05$ ).

**نتیجه گیری:** طبق یافته های به دست آمده به نظر میرسد ۸ هفته تمرین تناوبی به همراه مصرف مکمل اسپرولینا گزینه مناسبی برای افزایش سطوح ایمونوگلوبین، حداکثر اکسیژن مصرفی و توده بدون چربی زنان و کاهش درصد چربی و فشار خون زنان دارای فشار خون می باشد.

**کلیدواژه ها:** آمادگی قلبی تنفسی، اسپرولینا، تمرین تناوبی، سطوح ایمونوگلوبین

\*نویسنده مسئول: گروه تربیت بدنی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

Email: [Bahram.Abedi@iau.ac.ir](mailto:Bahram.Abedi@iau.ac.ir)

عدم تحرک بدنی و متعاقب آن افزایش وزن باعث مشکلاتی مانند فشار خون بالا، هیپرکلسترولمی و مقاومت به انسولین می شود. فقدان برنامه‌های ورزشی زمان‌بر و وقت کافی از جمله عوامل اصلی کاهش فعالیت بدنی در افراد مختلف جامعه به‌ویژه زنان است (۱). علاوه بر این، اکثر پروتکل‌های ورزشی برای کاهش چربی متکی به ورزش‌های طولانی‌مدت و منظم مانند پیاده‌روی هستند که اثرات مفید کمی بر کاهش وزن و چربی سوزی بدن دارند (۲). بنابراین، مطالعات مختلف به دنبال راهبردهای ورزشی جدیدی هستند که از نظر زمانی موثر باشد و اثرات مفیدی بر سلامت افراد داشته باشد. تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) یکی از پروتکل‌های پیشنهادی اخیر است که شامل چندین جلسه دویدن با حداکثر سرعت روی تردمیل و به دنبال آن استراحت‌های کوتاه است، به طوری که هر جلسه می‌تواند از ۶ ثانیه تا ۴ دقیقه طول بکشد. این پروتکل از نظر زمان موثر است و بنابراین می‌تواند جایگزین پروتکل‌های وقت‌گیر سنتی برای زنانی شود که زمان کافی برای ورزش ندارند (۳). مطالعات زیادی در مورد تأثیر HIIT بر سلامت جسمانی افراد چاق، غیرفعال، دارای فشار خون بالا و حتی ورزشکاران انجام شده و فواید آن را نشان داده است. برخی از مطالعات تأثیر HIIT را بر کاهش چربی و وزن بدن در نظر گرفتند و ادعان داشتند که این پروتکل اکسیداسیون چربی را به ویژه در روزهای بعد از تمرین افزایش می‌دهد. این افزایش پس از دو هفته توسط یک مطالعه ۱۸ درصد گزارش شد (۴). مکمل‌هایی وجود دارند که می‌توانند تأثیرات زیادی بر ترکیب بدن و آمادگی جسمانی داشته باشند. اسپرولینا به عنوان یک غذای نامحدود توسط سازمان غذا و دارو و به طور کلی به عنوان یک ماده ایمن شناخته شده است که نشان دهنده ماهیت غیر سمی آن است. اخیراً تحقیقات در مورد اثرات درمانی این مکمل توجه زیادی را به خود جلب کرده است. مطالعه بالینی اثرات درمانی مختلفی از جمله محافظت در برابر اشعه، افزایش فراوانی لاکتوباسیلوس روده، کاهش سطح کلسترول و سرطان، تنظیم فشار خون، تقویت سیستم ایمنی و کاهش سمیت کلیوی ناشی از فلزات سنگین و داروها را پیشنهاد کرده‌اند (۵). برخی تحقیقات نشان داده که این جلبک دارای خاصیت ضدالتهابی است. همچنین در کنترل قند خون، چربی خون، کاهش علائم رینیت آلرژیک و حتی پیشگیری از بروز برخی سرطان‌ها مؤثر است. اگرچه برای بسیاری از این ادعاها شواهد علمی کافی وجود ندارد، اما تحقیقات در مورد فواید اسپرولینا ادامه دارد (۶). در جدیدترین مطالعه نقش این ترکیب در درمان فشارخون بالا بررسی شده است. اسپرولینا سیستم ایمنی بدن را تقویت می‌کند. تحقیقات نشان داده که آنتی‌اکسیدان‌های موجود در اسپرولینا مانند فیکوسیانین، توکوفرول، بتا کاروتن و ترکیبات فنولی تأثیر مثبتی بر روی سلول‌های ایمنی بدن می‌گذارند و از آنجاکه اسپرولینا سبب افزایش فعالیت سیستم ایمنی بدن می‌شود ممکن است مصرف آن برای مبتلایان به بیماری‌های خودایمنی مانند لوپوس، ام اس (MS) و آرتریت روماتوئید (روماتیسم) مناسب نباشد. چراکه در این بیماران سیستم ایمنی بدن به اشتباه به بافت‌های سالم حمله می‌کند (۶) همچنین محققان نشان داده‌اند که ۸ هفته تمرین تناوبی با شدت بالا و مصرف مکمل اسپرولینا بر ترکیب بدن زنان موثر می‌باشد؛ بطوریکه کاهش معنی داری در WHR، BMI، درصد چربی بدن و افزایش معنی داری در توده بدون چربی بدن، VO<sub>2</sub>max، IgA مشاهده کردند و تفاوت معنی‌داری در سطوح IgG بین مصرف مکمل قبل و بعد از مصرف مکمل در گروه اسپرولینا وجود نداشت. به طور کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که ۸ هفته HIIT و مکمل اسپیرولینا باعث افزایش عملکرد سیستم ایمنی و آمادگی قلبی عروقی تنفسی می شود. همچنین ۸ هفته مکمل HIIT و اسپیرولینا با کاهش WHR, BMI، درصد چربی بدن و افزایش توده عاری از چربی بدن باعث کاهش وزن و افزایش تناسب اندام می شود. از آنجائیکه امروزه به دلیل افزایش میانگین سنی و روند رو به رشد جمعیت میانسال و افراد دارای فشار خون بالا و با توجه به مطالعات انجام شده در مورد تاثیرات مثبت مکمل اسپروولینا بر روی سلامتی و همچنین به دلیل اینکه تحقیقات محدودی در زمینه ی تاثیرات مکمل اسپروولینا بر سطوح ایمونوگلوبین، ترکیب بدنی و آمادگی قلبی-تنفسی زنان دارای فشار خون انجام گرفته است.

## روش پژوهش

پژوهش حاضر جزء تحقیقات کاربردی و یک مطالعه کارآزمایی بالینی و با هدف تاثیر ۸ هفته تمرین تناوبی به همراه مصرف مکمل اسپروولینا بر سطوح ایمونوگلوبین، ترکیب بدنی و آمادگی قلبی-تنفسی زنان دارای فشار خون می باشد. اطلاعات مربوط به پژوهش به صورت میدانی و آزمایشگاهی در قبل و بعد از تمرین گردآوری شد. جامعه آماری پژوهش حاضر را زنان دارای فشار خون تشکیل دادند. که بصورت تصادفی و در دسترس تعداد ۴۰ زن مبتلا به فشار خون به عنوان نمونه انتخاب شدند و به چهار گروه ۱۰ نفری کنترل، تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT)، گروه اسپیرولینا (SG) و گروه ترکیبی یا همان تمرین و مکمل (CG) تقسیم شد. شرایط ورود به مطالعه شامل زنان فعال دارای فشار خون، سن ۳۰ سال به بالا، شرکت کنندگان بان با شاخص توده بدنی کمتر از ۲۵ یا بالاتر از ۳۵ کیلوگرم بر متر مربع، نداشتن هرگونه بیماری و آسیب دیدگی جسمی، مصرف نکردن دارو، مکمل، دخانیات و الکل، عدم آسیب دیدگی عضلانی-اسکلتی، نداشتن سابقه ورزشی در شش ماه گذشته بود همه ی شاخص های مطالعه قبل و پس از مداخله از جمله سن، قد، BMI، ایمونوگلوبین، توده بدون چربی، VO2max و ترکیب بدن (جذب سنجی اشعه ایکس با انرژی دوگانه) مورد ارزیابی قرار گرفت.

## پروتکل تمرین

شرکت کنندگان در تمرین تناوبی سه بار در هفته به مدت ۸ هفته با شدت ۹۰ درصد حداکثر ضربان قلب شرکت کرده که تمرینات از ۲۴ دقیقه در جلسه اول شروع (۵ تا ۱۰ دقیقه گرم کردن، ۳۰ ثانیه ورزش (دویدن) و ۳۰ ثانیه استراحت فعال (پیاده روی)، با ۴ تکرار و ۵ تا ۱۰ دقیقه خنک کردن صورت گرفته و ۲۷ دقیقه در آخرین جلسه (۵ تا ۱۰ دقیقه گرم کردن، ۳۰ ثانیه ورزش و ۳۰ ثانیه استراحت فعال، با ۷ تکرار و ۵ تا ۱۰ دقیقه خنک کردن) خواهد بود (۷). طبق گفته گلابستر و همکاران (۱)، شرکت کنندگان دو گروه آموزشی پروتکل تمرینی را در فاصله ۲۰ متری انجام می دهند. در پروتکل تمرین تست دور رفت، شرکت کنندگان ابتدا با حداکثر سرعت از نقطه شروع شروع به دویدن می کنند و پس از بازگشت در جهت مخالف در مسیر B، 20 متر با حداکثر سرعت دویده و در نهایت پس از بازگشت مجدداً با حداکثر سرعت در مسیر C می دوند تا مسافت ۴۰ متر را طی کنند. شرکت کنندگان این کار را با حداکثر سرعت تا پایان دوره ۳۰ ثانیه ای پروتکل تمرین ادامه داده و پس از ۳۰ ثانیه استراحت، پروتکل تمرینی را تکرار می کنند. تمرین با افزایش تعداد تکرارهای ۳۰ ثانیه ای از چهار بار در هفته های اول و دوم به پنج بار در هفته های سوم و چهارم، به شش بار، در هفته های پنجم و ششم و به هفت بار در هفته های هفتم و هشتم خواهد بود (۸). شدت تمرین در تمامی مراحل پروتکل ۹۰ درصد حداکثر ضربان قلب بود که در این جهت از ساعت مچی هوشمند بهره گرفته شد. ضربان قلب توسط یک مربی کنترل با استفاده از یک ضربان ساز قطبی اندازه گیری شده و حداکثر ضربان قلب قابل پیش بینی با فرمول  $(208 - 0.7 \times \text{سن})$  (سال) برآورد گردید (۹). در این مطالعه، شرکت کنندگان در گروه مکمل هیچ ورزش منظمی ندارند.

## مکمل یاری

در تحقیق حاضر پودر جلبک اسپیرولینا از شرکت عقیق سبز اصفهان (اصفهان، ایران) تهیه شد. شرکت کنندگان در CG و SG روزانه ۶ گرم پودر اسپیرولینا محلول در آب را نیم ساعت قبل از غذا دریافت و شرکت کنندگان در PH یک غذای رنگی سبز محلول در آب

دریافت کردند (۱۰). قبل از انجام تست ها و آزمایشات پیش آزمون از آزمودنی ها خواسته شد تا غذاهای سبک و بدون چربی و در حد توان همانند مصرف کنند و همچنین در یک روز پس از پس آزمون نیز خواسته شد تا همان غذای پیش آزمون را مصرف کنند. در مرحله اول و قبل از شروع برنامه مصرف مکمل از آزمودنی ها خواسته شد تا ۲۴ ساعت قبل از انجام خون گیری از هر گونه فعالیت بدنی و مصرف مکمل های غذایی خودداری نمایند. خون گیری از آزمودنی ها در ساعت ۹ تا ۱۱ صبح بعد از حدود ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه انجام شد. پس از این مرحله آزمودنیها به مدت هشت هفته تحت تأثیر متغیر مستقل (مصرف مکمل) قرار گرفت و بعد از سپری شدن این بازه زمانی و گذشت ۴۸ ساعت از آخرین جلسه مصرف مکمل مجدداً از همه آزمودنی ها مانند مرحله اول خون گیری به عمل آمد.

### اندازه گیری متغیرهای مطالعه

در این پژوهش از دو روش برای گردآوری اطلاعات استفاده شد؛ در روش اول مطالعات کتابخانه‌ای است که شامل مرور و بررسی مفاهیم و نظریه‌های مختلف درباره متغیرها و ابعاد آنها است. تا ابعاد متغیرها و موضوع مورد تحقیق بررسی شود. روش دوم، روش میدانی و ورود به میدان تحقیق برای جمع‌آوری اطلاعات است. قبل از شروع تحقیق، سن، قد و BMI مورد ارزیابی قرار گرفت و BF٪ با ضخامت لایه چربی زیر جلدی با استفاده از تجزیه و تحلیل پوستی اندازه‌گیری شد. در مرحله بعدی، شرکت کنندگان یک تست دویدن شاتل را برای ارزیابی آمادگی هوازی بر اساس دستورالعمل های (۱۱) اندازه گیری VO2max انجام دادند. نمونه خون در دو مقطع زمانی مختلف قبل و بعد از مصرف مکمل و دوره تمرین جمع آوری شد و نمونه ها بلافاصله پس از هر جمع آوری به آزمایشگاه منتقل و در آنجا سانتریفیوژ شدند.

### اندازه گیری توده بدون چربی:

توده بدون چربی (FFM) با فرمول زیر برای زنان با وزن (W) بر حسب کیلوگرم و قد (H) بر حسب سانتی متر محاسبه می شود:

$$FFM = (0.29569 \times W) + (0.41813 \times H) - 43.2933$$

(پیرس<sup>۲</sup>، ۲۰۱۶). برای اندازه گیری درصد چربی بدن، هفت ضخامت چربی زیر جلدی به روش جکسون و پولاک استفاده می شود (پیرس، ۲۰۱۶). هفت نقطه شامل سه سر، قفسه سینه، زیر کتف، فوق ایلپاک، زیر بغل، شکم و ران می باشند (واگنر<sup>۳</sup>، ۲۰۱۳). تمام اندازه گیری ها توسط یک نفر در سمت راست بدن انجام شد.

### اندازه گیری آمادگی قلبی-تنفسی:

VO2max با آزمون ۲۰ متری شاتل اندازه گیری می شود. حداکثر آزمایش میدانی شامل دویدن رفت و برگشتی بین دو خط به فاصله ۲۰ متر از هم با سرعت تنظیم شده برای زنگ صوتی از پیش ضبط شده می باشد. سرعت اولیه تنظیم شده برای شروع آزمایش ۸/۵ کیلومتر در ساعت بوده که بعد از هر دقیقه به ۰/۵ کیلومتر در ساعت افزایش یافت. به شرکت کنندگان دستور داده شد تا حد امکان آزمون را تا آخرین مرحله ادامه دهند. این آزمایش زمانی پایان می یابد که فرد نتواند سرعت دویدن خود را حفظ کند، یا زمانی که فرد قادر به رسیدن به منطقه ۲۰ متری در هر خط سه بار متوالی مطابق با هشدار صوتی نباشد. سرعت به دست آمده در آخرین مرحله که به طور کامل انجام شد به عنوان حداکثر سرعت آزمایش در نظر گرفته می شود و با قرار دادن آن در فرمول زیر به عنوان VO2max محاسبه می گردد (۱۱):

$$VO2max (mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}) = 6 (x) - 24.4 X$$

X . حداکثر سرعت هوازی است که با سرعت دویدن در بالاترین سطح تعیین می شود (۱۲).

### اندازه گیری نمونه خون:

برای اندازه گیری IgA و IgG ۲۴ ساعت قبل و ۲۴ ساعت بعد از دوره مطالعه، ۱۰ میلی لیتر نمونه خون از ورید چپ شرکت کنندگان بین ساعت ۹:۰۰ تا ۱۱:۰۰ صبح گرفته می شود، نمونه خون در لوله های حاوی محلول جمع آوری، ضد انعقاد اسیدی EDTA K2، و پس از سانتریفیوژ پلاسما، پلاسما آنها جدا می شود، جایی که پلاسما حاصل در دمای -۲۰ درجه سانتیگراد نگهداری می شود. غلظت IgG و IgA با استفاده از دستگاه هیتاچی، کدورت سنجی آزمایشگاهی و کیت تست پارس اندازه گیری می شود. روش کدورت سنجی بر اساس تشکیل کمپلکس حاصل از واکنش بین ایمونوگلوبولین ها و آنتی سرم اختصاصی آن است. میزان کدورت ایجاد شده

<sup>2</sup> Pearce

<sup>3</sup> Wagner

ارتباط مستقیمی با میزان ایمونوگلوبولین ها دارد. حداقل حجم مورد نیاز برای اندازه گیری IgG و IgA توسط دستگاه کدورت سنجی ۵۰ میکرولیتر است (۱۰).

### روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

تجزیه و تحلیل داده های پژوهش حاضر به صورت توصیفی (جداول و نمودارهای توصیفی) و استنباطی خواهد بود. جهت انجام آمار استنباطی از تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA)، برای تعیین تفاوت های بین گروه ها و اثرات متقابل استفاده و سپس در صورت معنی داری میانگین ها، از آزمون تعقیبی مناسب Tukey استفاده شد. معنی داری تجزیه و تحلیل آماری در سطح خطای ۵ درصد صورت گرفت.

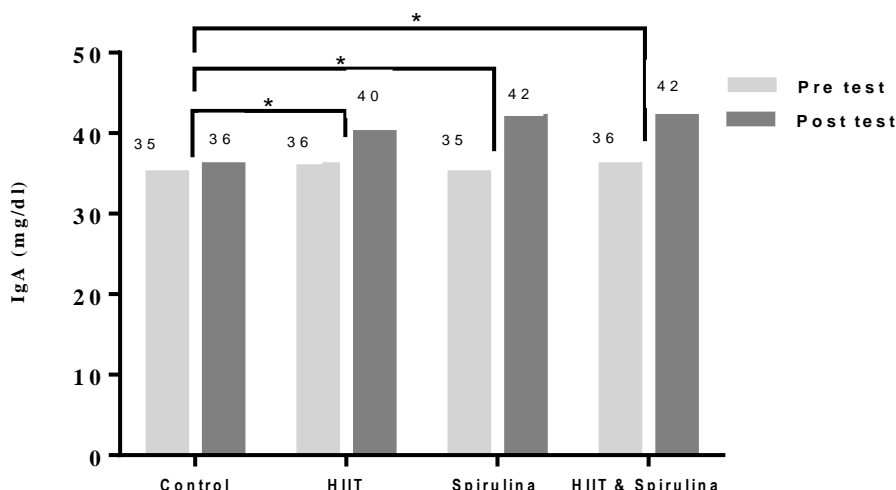
### یافته ها

ویژگی های آزمودنی های تحقیق در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

جدول شماره ۱. میانگین و انحراف معیار مربوط به سن، قد، وزن و شاخص توده بدن آزمودنی ها

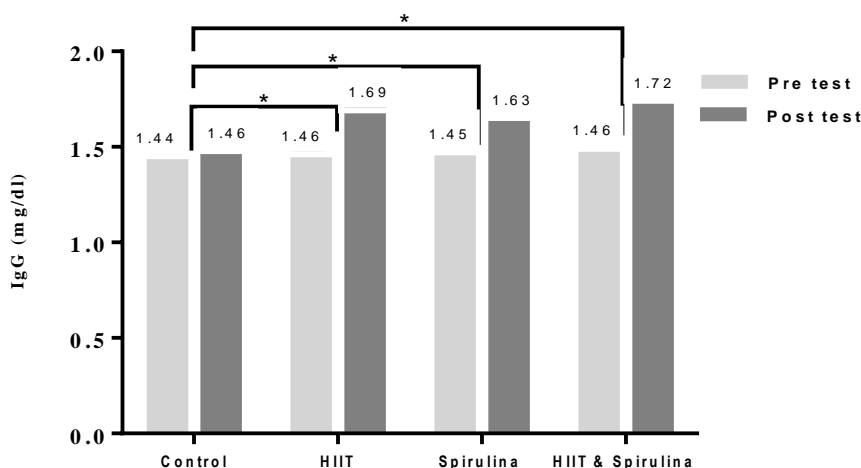
میانگین و انحراف معیار				
متغیر	کنترل	تمرین تناوبی	مکمل	ترکیبی
سن به سال	۴۴/۱±۵/۱	۴۲/۸±۴/۷۰	۴۱/۵±۲/۸	۴۳/۰۱±۲/۶
قد به سانتیمتر	۱۵۹/۵±۵/۶	۱۶۲/۵±۲/۳	۱۶۲/۵±۱/۴	۱۶۰/۵±۶/۷
وزن (kg)	۷۱/۷±۸/۵	۷۱/۸±۲/۳	۷۳/۶±۴/۵	۶۷/۸±۷/۹
BMI	۲۸/۳±۳/۷	۲۶/۳±۹/۲	۲۷/۲±۹/۱	۲۶/۲±۱/۳

نمودار شماره ۱- میانگین تغییرات سطوح ایمونوگلوبولین A را در گروه های مورد مطالعه طی مراحل مختلف اندازه گیری نشان می دهد. با توجه به یافته های آزمون تحلیل واریانس یک طرفه در پس آزمون نشان داد بین گروه ها اختلاف معناداری وجود دارد. که برای بررسی نحوه اثر گذاری و مقایسه گروه های مختلف از آزمون توکی استفاده شد با توجه به نتایج آزمون توکی، بین گروه کنترل با گروه تمرین تناوبی اختلاف معناداری مشاهده نشد ( $p > 0.05$ ). اما بین گروه کنترل با گروه مکمل دهی اسپرولینا و گروه ترکیبی (تمرین تناوبی و مصرف مکمل اسپرولینا) اختلاف معنادار مشاهده شد ( $p < 0.05$ ). همچنین بین هیچ یک گروه های مداخله اختلاف معناداری مشاهده نشد ( $p > 0.05$ ). بنابراین می توان نتیجه گرفت که ۸ هفته تمرین تناوبی، تمرین تناوبی به همراه مصرف مکمل اسپرولینا و همچنین مکمل دهی اسپرولینا بر سطوح ایمونوگلوبولین A زنان دارای فشار خون تاثیر معناداری دارد.



نمودار ۱- تغییرات IgA گروه‌های مورد مطالعه طی مراحل مختلف اندازه‌گیری

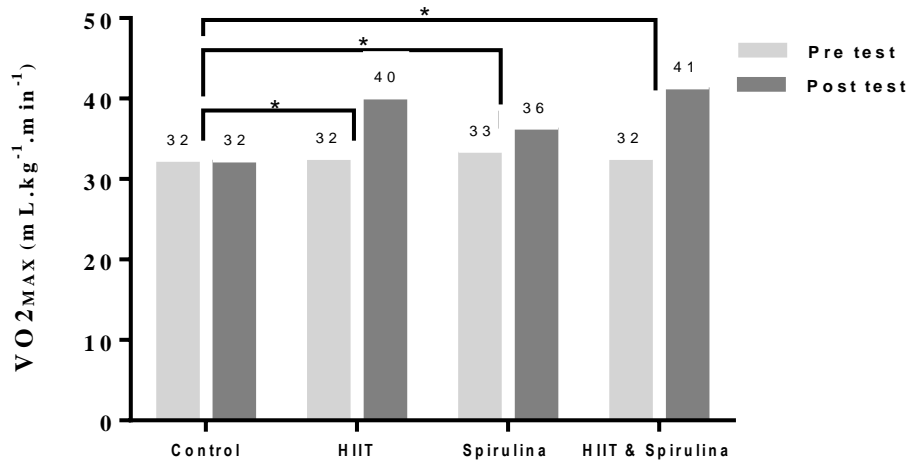
نمودار شماره ۲- میانگین تغییرات سطوح ایمونوگلوبین G را در گروه‌های مورد مطالعه طی مراحل مختلف اندازه‌گیری نشان می‌دهد. با توجه به یافته‌های آزمون تحلیل واریانس یک طرفه در پس آزمون نشان داد بین گروه‌ها اختلاف معناداری وجود دارد. که برای بررسی نحوه اثرگذاری و مقایسه گروه‌های مختلف از آزمون توکی استفاده شد. با توجه به نتایج آزمون توکی، بین گروه کنترل با گروه تمرین تناوبی اختلاف معناداری مشاهده نشد ( $p > 0.05$ ). اما بین گروه کنترل با گروه مکمل دهی اسپرولینا و گروه ترکیبی (تمرین تناوبی و مصرف مکمل اسپرولینا) اختلاف معنادار مشاهده شد ( $p < 0.05$ ). همچنین بین هیچ یک از گروه‌های مداخله اختلاف معناداری مشاهده نشد ( $p > 0.05$ ). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ۸ هفته تمرین تناوبی به همراه مصرف مکمل اسپرولینا، تمرین تناوبی به تنهایی و همچنین مکمل دهی اسپرولینا به تنهایی بر سطوح ایمونوگلوبین G زنان دارای فشار خون تاثیر معناداری دارد.



نمودار ۲- تغییرات IgG گروه‌های مورد مطالعه طی مراحل مختلف اندازه‌گیری

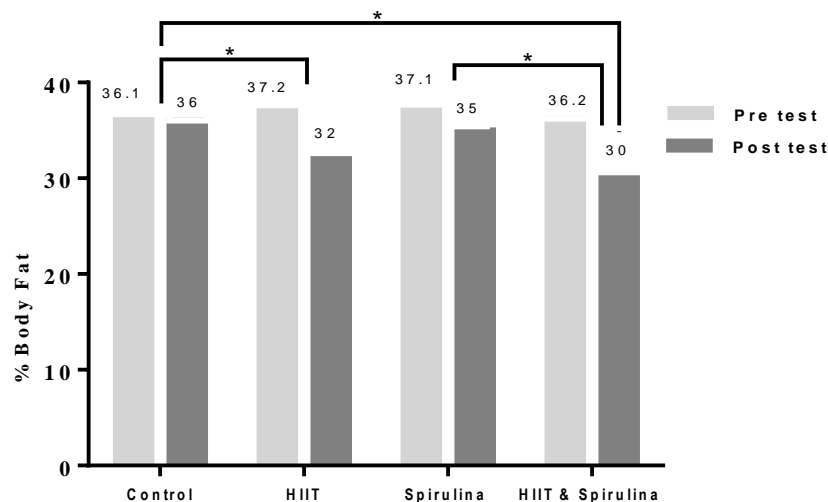
نمودار شماره ۳- میانگین تغییرات سطوح ایمونوگلوبین G را در گروه‌های مورد مطالعه طی مراحل مختلف اندازه‌گیری نشان می‌دهد. با توجه به یافته‌های آزمون تحلیل واریانس یک طرفه در پس آزمون نشان داد بین گروه‌ها اختلاف معناداری وجود دارد. که برای بررسی نحوه اثرگذاری و مقایسه گروه‌های مختلف از آزمون توکی استفاده شد. با توجه به نتایج آزمون توکی، بین گروه کنترل با گروه تمرین تناوبی اختلاف معناداری مشاهده نشد ( $p > 0.05$ ). اما بین گروه کنترل با سه گروه دیگر اختلاف معنادار مشاهده شد ( $p < 0.05$ ). همچنین بین هیچ یک از گروه‌های مداخله اختلاف معناداری مشاهده نشد ( $p > 0.05$ ). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ۸ هفته تمرین تناوبی به

همراه مصرف مکمل اسپرولینا، تمرینات تناوبی و همچنین مکمل دهی اسپرولینا بر سطوح آمادگی قلبی-تنفسی زنان دارای فشار خون تاثیر معناداری دارد.



نمودار ۳- تغییرات IgG گروه‌های مورد مطالعه طی مراحل مختلف اندازه‌گیری

نمودار شماره ۴- میانگین تغییرات درصد چربی را در گروه‌های مورد مطالعه طی مراحل مختلف اندازه‌گیری نشان می‌دهد. با توجه به یافته‌های آزمون تحلیل واریانس یک طرفه در پس آزمون نشان داد بین گروه‌ها اختلاف معناداری وجود دارد. که برای بررسی نحوه اثرگذاری و مقایسه گروه‌های مختلف از آزمون توکی استفاده شد. با توجه به نتایج آزمون توکی، بین گروه کنترل با گروه تمرین تناوبی اختلاف معناداری مشاهده نشد ( $p > 0.05$ ). اما بین گروه کنترل با گروه تمرینات تناوبی و گروه ترکیبی (تمرین تناوبی و مصرف مکمل اسپرولینا) اختلاف معنادار مشاهده شد ( $p < 0.05$ ). همچنین بین هیچ یک از گروه‌های مداخله اختلاف معناداری مشاهده نشد ( $p > 0.05$ ). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ۸ هفته تمرین تناوبی به همراه مصرف مکمل اسپرولینا و همچنین تمرین تناوبی بر سطوح ترکیب بدنی (درصد چربی بدن) زنان دارای فشار خون تاثیر معناداری دارد.

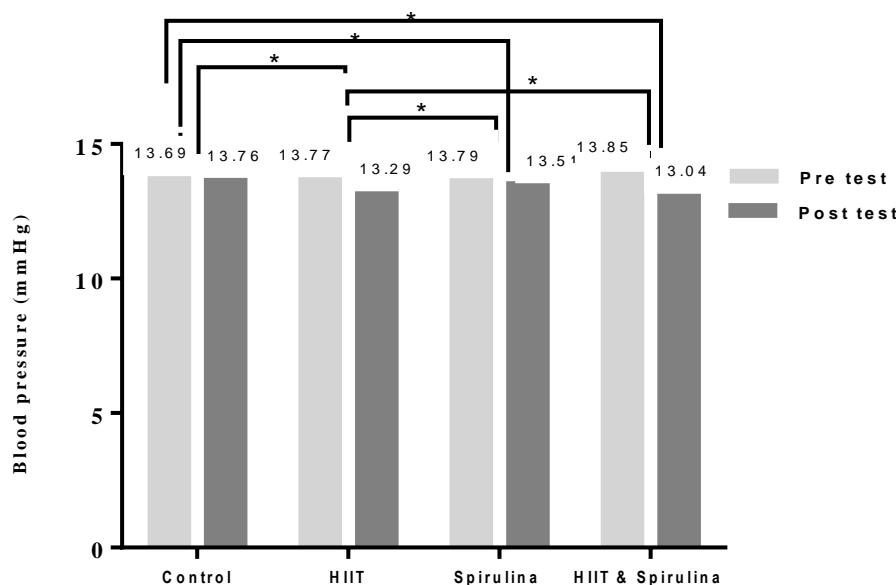


نمودار ۴- تغییرات BF% گروه‌های مورد مطالعه طی مراحل مختلف اندازه‌گیری

نمودار شماره ۵- میانگین تغییرات فشار خون سیستولیک را در گروه‌های مورد مطالعه طی مراحل مختلف اندازه‌گیری نشان می‌دهد. با توجه به یافته‌های آزمون تحلیل واریانس یک طرفه در پس آزمون نشان داد بین گروه‌ها اختلاف معناداری وجود دارد. که برای بررسی نحوه اثرگذاری و مقایسه گروه‌های مختلف از آزمون توکی استفاده شد. با توجه به نتایج آزمون توکی، بین گروه کنترل با گروه تمرین



تناوبی، گروه مکمل دهی اسپرولینا و گروه ترکیبی (تمرین تناوبی و مصرف مکمل اسپرولینا) اختلاف معنادار مشاهده شد ( $p < 0.05$ ). همچنین بین گروه ترکیبی با گروه مکمل دهی اختلاف معناداری مشاهده شد ( $p < 0.05$ ) که نشان می دهد گروه ترکیبی نسبت به گروه مکمل دهی اثر بیشتری بر توده بدون چربی داشته است. بنابراین می توان نتیجه گرفت که ۸ هفته تمرین تناوبی به همراه مصرف مکمل اسپرولینا، تمرین تناوبی و همچنین مکمل دهی اسپرولینا بر سطوح فشار خون سیستولی زنان تاثیر معناداری دارد



نمودار ۵- تغییرات فشارخون سیستولیک گروه‌های مورد مطالعه طی مراحل مختلف اندازه‌گیری

## بحث

با توجه به نتایج ۸ هفته تمرین تناوبی به همراه مصرف مکمل اسپرولینا، تمرین تناوبی به تنهایی و همچنین مکمل دهی اسپرولینا به تنهایی بر سطوح ایمونوگلوبین A زنان دارای فشار خون تاثیر معناداری دارد بر اساس نتایج اندازه اثر کوهن، گروه تمرین تناوبی همراه با مصرف مکمل دارای بالاترین اندازه اثر و سپس تمرین تناوبی و مکمل دهی در رده های بعدی قرار دارند. این یافته ها با نتایج نوبری و همکاران (۲۰۲۲) و ینی گندمانی همراستا می باشد (۱۰ و ۱۳). در این راستا نوبری و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند ۸ هفته تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) و مکمل اسپرولینا، ایمونوگلوبولین A را تقویت می کند، که نقش مهمی در سیستم ایمنی ایفا می کند. در تبیین این نتایج می توان اظهار داشت که به این دلیل تمرین تناوبی و مصرف مکمل باعث افزایش سطوح ایمونوگلوبین می شود که اسپرولینا از طریق افزایش فعالیت فاگوسیتیک ماکروفاژها، القای تجمع سلول های کشنده طبیعی در بافت ها، تحریک تولید آنتی بادی و سیتوکین، و فعال سازی و بسیج سلول های T یا B، اثر محرک قدرتمندی بر روی سیستم ایمنی دارد (۱۰) که تغییرات ناشی از ورزش در غلظت Ig سرم ممکن است به دلیل مشارکت پروتئین های خارج عروقی، افزایش لنفوسیت ها پس از ورزش، ترکیبی از تغییرات در حجم پلاسما و جریان خارج عروقی و تغییرات در چرخه شبانه روزی آزمودنی باشد افزایش غلظت ایمونوگلوبولینها در ورزش شدید می تواند بر اثر تحریک آنتی ژنها بوسیله ی افزایش ورود میکروارگانسیم ها به ویژه میکروب های داخل هوا، که طی تمرین ورزشی از طریق افزایش میزان تهویه وارد بدن میشوند، باشد (۱۴). فیکوسیانیین موجود در اسپرولینا با حفظ عملکرد سیستم ایمنی مخاطی و کاهش التهاب آلرژیک با سرکوب آنتی بادی های خاص، فعالیت بیولوژیکی را در برابر بیماری های عفونی افزایش می دهد و با تزریق آن آنتی بادی IgA تولید می کند. پلی ساکارید اسپرولینا همچنین سلول های ایمنی ذاتی را فعال می کند و آنتی بادی ها را افزایش می دهد (۱۵). پلی ساکاریدها و فیکوسیانیین های موجود در اسپرولینا به افزایش تعداد آنتی ژن ها از طریق فعالیت بدنی و افزایش سیستم ایمنی کمک می کنند. بنابراین، تمرین تناوبی با مکمل اسپرولینا تأثیر بیشتری بر تقویت سیستم ایمنی همورال دارد. یافته های دیگر مطالعه حاضر نشان داد ۸ هفته تمرین تناوبی به همراه مصرف مکمل اسپرولینا، تمرین تناوبی به تنهایی و همچنین مکمل دهی

اسپروولینا به تنهایی بر سطوح ایمنوگلوبولین G زنان دارای فشار خون تاثیر معناداری دارد. بر اساس نتایج اندازه اثر کوهن، گروه تمرین تناوبی همراه با مصرف مکمل دارای بالاترین اندازه اثر و سپس تمرین تناوبی و مکمل دهی در رده های بعدی قرار دارند این یافته ها با نتایج نوبری و همکاران (۲۰۲۲) و عینی گندمانی (۲۰۲۰) همراستا می باشد (۱۰ و ۱۳). در این راستا عینی گندمانی (۲۰۲۰) در نشان داد که افزایش معنی داری در سطح ایمنوگلوبولین G در گروه پلاسبو - HIIT و اسپروولینا مشاهده شد (۱۵). با این حال، تفاوت معنی داری در سطوح ایمنوگلوبولین G بین مصرف مکمل قبل و بعد از مصرف مکمل در گروه اسپروولینا مشاهده نگردید. در تبیین این یافته ها می توان بیان داشت که هنگام ورزش تعداد ضربان قلب، حجم ضربه ای بطن چپ و به تبع آن برون ده قلب افزایش می یابد. از طرفی با باز شدن آرتریول ها در عضلات اسکلتی، حمل خون و اکسیژن به بافت عضلانی بیشتر می شود. همچنین افزایش سازگاری های عصبی ناشی از تمرین مانند به کارگیری واحدهای عصبی کارآمدتر، سازماندهی مجدد در قشر حسی-پیکری، افزایش کارایی و قدرت ارتباطات سیناپسی، افزایش فعال سازی دستگاه عصبی، کاهش رفلکس های بازدارنده عصبی، کاهش مقاومت مسیرهای عصبی به انتقال تکانه و بهبود و تسهیل در انتقال درون دادهای هر یک از حواس از دلایل احتمالی بهبود در ایمنوگلوبولین IgG را می توان نام برد (۱۶). پژوهشگران تغییرات ایمنوگلوبولین IgG را به عواملی از قبیل تغییرات حجمی پلاسما، افزایش فرآورده های متابولیکی حاصل از تمرینات شدید، افزایش درجه حرارت بدن، آسیب بافت عضلانی و واکنش های ایمنی بدن نسبت به لیپوپولی ساکاریدهای خون نسبت می دهند (۱۷). بنابراین با بهبود سازگاری های اکسایشی و سوخت و ساز بدن ایمنی همورال نیز افزایش می یابد.  $Vo_{2max}$  شاخص دیگری بود که مورد بررسی قرار گرفت نتایج نشان داد ۸ هفته تمرین تناوبی به همراه مصرف مکمل اسپروولینا، تمرینات تناوبی و همچنین مکمل دهی اسپروولینا بر سطوح آمادگی قلبی-تنفسی زنان دارای فشار خون تاثیر معناداری دارد اندازه اثر کوهن، گروه تمرین تناوبی همراه با مصرف مکمل دارای بالاترین اندازه اثر و سپس تمرین تناوبی و مکمل دهی در رده های بعدی قرار دارند. این نتایج با نتایج تحقیقات گورنای و همکاران (۲۰۲۲)، عینی گندمانی و رئیس (۲۰۲۰) و هراندز-لپ و همکاران (۲۰۱۸) همراستا می باشد (۱۳ و ۱۸ و ۱۹). در این راستا گورنای و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند مصرف مکمل اسپروولینا، حداکثر اکسیژن مصرفی را افزایش می دهد (۱۸). همچنین عینی گندمانی و رئیس (۲۰۲۰) بیان کردند که ۸ هفته تمرینات اینتروال با شدت بالا همراه با مصرف مکمل اسپروولینا موجب افزایش عملکرد سیستم ایمنی و آمادگی قلبی عروقی تنفسی در این زنان می شود (۱۳). همچنین هراندز-لپ و همکاران (۲۰۱۸) نیز در مطالعه ای دیگر نشان دادند مکمل اسپروولینا ماکسیما به طور هم افزایی اثرات ورزش سیستماتیک بر ترکیب بدن و پارامترهای آمادگی قلبی تنفسی را در افراد دارای اضافه وزن، اما بیشتر در افراد چاق، بهبود می بخشد (۱۹). در تبیین این نتایج می توان بیان داشت که دوره های استراحتی نسبتاً کوتاه بین تمرین تناوبی، نیاز به تامین انرژی از طریق دستگاه هوایی را افزایش داده و افزایش تحویل اکسیژن به عنوان عامل اصلی پیشرفت در ظرفیت هوایی را موجب شده است. همچنین سرعت فسفوریلاسیون هوایی به دنبال تمرین که در نتیجه افزایش تعداد و فعالیت آنزیم های اکسایشی عضله حاصل می شود، به عنوان یکی از سازوکارهای احتمالی افزایش در  $Vo_{2max}$  پس از این نوع تمرین مطرح است (هراندز، ۲۰۱۸) از سوی دیگر اسپروولینا سرشار از پلی پپتید آبی رنگی به نام فیکوسیانین است. دانشمندان چینی اثرات آن را با هورمون اریتروپویتین برابر دانسته اند، که با اثر بر سلول های بنیادی مغز استخوان موجب تحریک تولید گلبولهای قرمز برای اکسیژن رسانی می شود. اسپروولینا با دارابودن عوامل انتقال اکسیژن و بیشترین مقدار آهن و همه ی اسیدهای آمینه های ضروری و غیرضروری برای سنتز گلوبین در افزایش  $Vo_{2max}$  نقش بارزی ایفا می کند (۱۹). افزایش اکسیژن رسانی بیشتر توسط عوامل انتقال دهنده ی اکسیژن بوسیله اسپروولینا در تمرینات تناوبی اثر فعالیت بر افزایش  $Vo_{2max}$  می شود. بنابر این استفاده از مکمل اسپروولینا و تمرین تناوبی به صورت همزمان تاثیر بیشتری بر توان بیشینه هوایی دارد. بررسی دیگر این مطالعه نشان داد ۸ هفته تمرین تناوبی به همراه مصرف مکمل اسپروولینا و همچنین تمرین تناوبی بر سطوح ترکیب بدنی (درصد چربی بدن) زنان دارای فشار خون تاثیر معناداری دارد همچنین بین گروه کنترل با گروه تمرینات تناوبی و گروه ترکیبی (تمرین تناوبی و مصرف مکمل اسپروولینا) اختلاف معنادار مشاهده شد بر اساس نتایج اندازه اثر کوهن، گروه تمرین تناوبی همراه با مصرف مکمل دارای بالاترین اندازه اثر و سپس تمرین تناوبی و مکمل دهی در رده های بعدی قرار دارند. این یافته ها با نتایج نوبری و همکاران (۲۰۲۲)، هراندز-لپ و همکاران (۲۰۱۹) و هراندز-لپ و همکاران (۲۰۱۸) همراستا است (۱۰ و ۱۹ و ۲۰). در این ارتباط نوبری و همکاران (۲۰۲۲) نیز نشان داد که گروه ترکیبی (اسپروولینا و HIIT) توده بدون چربی را به طور قابل توجهی کاهش می دهد (در همین ارتباط هراندز-لپ و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند مکمل آرتروسپیرا (اسپروولینا) ماکسیما و یک برنامه تمرین بدنی سیستماتیک در مردان چاق و دارای اضافه وزن، در مقادیر شاخص توده بدنی، درصد چربی و ترکیب بدن اثر کاهش دارد (۲۰). هراندز-لپ و همکاران (۲۰۱۸)

نیز نشان داد مکمل اسپیرولینا ماکسیما به طور هم افزایی اثرات ورزش سیستماتیک بر ترکیب بدن و پارامترهای آمادگی قلبی تنفسی را در افراد دارای اضافه وزن، اما بیشتر در افراد چاق، بهبود می بخشد. در راستای این نتایج می توان اظهار داشت که تمرین تناوبی یکی از پروتکل های انتخابی است که با کاهش اشتها (تسهیل رهایش فاکتور آزاد کننده کورتیکوتروپین) و از راه افزایش اکسیداسیون چربی ها در کنترل ترکیب بدن نقش دارد (۱۹). گزارش شده است تمرینات با شدت بالا، ظرفیت عضله اسکلتی را برای استفاده از چربی ها افزایش می دهد که ممکن است نقش مهمی در کنترل وزن افراد چاق و اضافه وزن داشته باشد. بخش عمده ای از اسیدهای چرب مورد نیاز عضالت در حال فعالیت از طریق افزایش ۳ تا ۴ برابری لیپولیز تری گلیسرید بافت چربی تأمین می شود. فعالیت ورزشی با شدت زیاد، مقدار جریان خون به بافت چربی را دو برابر می کند و سبب افزایش ده برابری یا بیشتر جریان خون به عضلات فعال بدن می شود، و به عقیده ی بسیاری از پژوهشگران، موجب کاهش چربی بدن و بهبود ترکیب بدن می شود (۲۱). از سوی دیگر دلایل مختلفی برای مکانیسم کاهش وزن از طریق مصرف اسپیرولینا بیان شده است که مهمترین آنها، تأمین کمبودهای تغذیه ای و اضافه کردن گامالینولینیک اسید به رژیم غذایی است. اسپیرولینا منبع فوق العاده ای برای کربوهیدرات و مواد مغذی مورد نیاز بدن است. گاما لینولینیک اسید موجود در اسپیرولینا نیز به تنظیم قند خون و کنترل انسولین کمک می کند (۲۲). افزایش اکسیداسیون چربی توسط تمرین تناوبی شدید، و تنظیم قند خون و کنترل انسولین توسط اسپیرولینا سبب تسریع روند کاهش وزن می شود. بنابراین استفاده از تمرین تناوبی شدید و مکمل به صورت همزمان تاثیر بیشتری بر ترکیب بدن و کاهش درصد چربی بدن افراد دارد. فشارخون متغیر دیگر بررسی شده در مطالعه حاضر بود یافته ها نشان داد ۸ هفته تمرین تناوبی به همراه مصرف مکمل اسپیرولینا، تمرین تناوبی و همچنین مکمل دهی اسپروولینا بر سطوح فشار خون سیستولی زنان تاثیر معناداری دارد بر اساس نتایج اندازه اثر کوهن، در فشار خون سیستولی گروه تمرین تناوبی همراه با مصرف مکمل دارای بالاترین اندازه اثر و سپس تمرین تناوبی و مکمل دهی در رده های بعدی قرار دارند. در این ارتباط می توان بیان داشت که تمرینات تناوبی با شدت متوسط به دلیل افزایش شبکه مویرگی در عضلات فعال و افزایش انعطاف پذیری عروق می تواند راه حل مناسبی برای کاهش فشارخون سیستولی باشد (۲۳). تمرین تناوبی در بیماران قلبی-عروقی و افراد چاق می تواند باعث افزایش حجم فیزیولوژیکی قلب شده و فشارخون در این افراد را کاهش دهد، که شدت مناسب حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه است (۲۴). با توجه به ماهیت تمرین تناوبی که می تواند ظرفیت تنفسی را بهبود بخشد، این نوع تمرین احتمالاً سازگاری مسیر اکسایشی و در نتیجه اکسایش چربی و کاهش نیمرخ لیپیدی می گردد. اگرچه سازوکارهای تأثیر تمرین ورزشی بر پروفایل لیپیدی مشخص نیست، اما به نظر می رسد که توانایی عضلات در اکسایش چربی افزایش یافته که منجر به کاهش غلظت چربی پلاسما می شود همچنین مصرف مکمل اسپیرولینا بصورت همزمان نیز با افزایش اکسایش چربی ها می تواند در تاثیر دوچندان تمرین تناوبی بر کاهش فشارخون موثر باشد.

## نتیجه گیری

با توجه به یافته های مطالعه حاضر می توان نتیجه گرفت که ۸ هفته تمرین تناوبی به همراه مصرف مکمل اسپروولینا گزینه مناسبی برای افزایش سطوح ایمونوگلوبین، حداکثر اکسیژن مصرفی و توده بدون چربی زنان کاهش درصد چربی و فشار خون زنان دارای فشار خون می باشد.

## تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از نتایج پایان نامه در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۴۰۲ و همچنین پژوهانه نویسنده است که مراتب قدردانی خود را از همکاران محترمی که در انجام این پژوهش مساعدت فرمودند اعلام میداریم.

## سهم نویسندگان

تمامی نویسندگان معیارهای استاندارد نویسندگی بر اساس پیشنهادات کمیته بین المللی ناشران مجلات پزشکی را دارا بودند.

## تضاد منافع

- 1- Ignarro LJ, Balestrieri ML, Napoli C Nutrition, physical activity, and cardiovascular disease: an update. *Cardiovasc Res* 2007; 73: 326-40.
- 2- Wu J, Looper J, Ulrich BD, et al.: Exploring effects of different treadmill interventions on walking onset and gait patterns in infants with Down syndrome. *Dev Med Child Neurol*, 2007, 49: 839–845.
- 3- Zaer Ghodsi N, Zolfaghari MR, Fattah A [The Impact of High Intensity Interval Training On Lipid Profile, Inflammatory Markers and Anthropometric Parameters in Inactive Women]. *mljgoums*. 2016; 10(1):56-60
- 4- Laura J. Whyte; Jason M.R. Gill; Andrew J. Cathcart. (2010). Effect of 2 weeks of sprint interval training on health-related outcomes in sedentary overweight/obese men. , 59(10), 1421–1428. doi:10.1016/j.metabol.2010.01.002
- 5- Chamorro–Cevallos G., Barron B.L., Vasquez-sanchez J. 2008. Toxicologic Studies and Antitoxic Properties of Spirulina. In: Greshwin ME, Belay A (Eds.). *Spirulina in Human Nutrition and Health*, CRC press, pp: 27–50.
- 6- Edwards SE., da Costa Rocha I., Williamson EM., and Heinrich M. 2015. *Phytopharmacy: An evidence-based guide to herbal medicinal products*. John Wiley & Sons.
- 7- Bahram ME., and Mogharnasi M. 2015. The effect of twelve weeks high intensity training interval (HIIT) on leptin levels and obesity dependent factors among female students suffering overweight. *Journal of Sport Biosciences*, 6(4): 451-465.
- 8- Glaister M., Hauck H., Abraham CS., Merry KL., Beaver D., Woods B., and McInnes G. 2009. Familiarization, reliability, and comparability of a 40-m maximal shuttle run test. *Journal of Sports Science & Medicine*, 8(1): 77.
- 9- Camarda SRDA., Tebexreni AS., Páfaró CN., Sasai FB., Tambeiro VL., Juliano Y., and Barros Neto, TLD. 2008. Comparison of maximal heart rate using the prediction equations proposed by Karvonen and Tanaka. *Arquivos Brasileiros De Cardiologia*, 91: 311-314.
- 10- Nobari H., Gandomani EE., Reisi J., Vahabidshad R., Suzuki K., Volpe SL., and Pérez-Gómez J. 2022. Effects of 8 weeks of high-intensity interval training and spirulina supplementation on immunoglobulin levels, cardio-respiratory fitness, and body composition of overweight and obese women. *Biology*, 11(2):196.
- 11- Matsuzaka. A, Takahashi. Y, Yamazo. M, et al. (2004). Validity of the Multistage 20- M Shuttle-Run test for Japanese children adolescents, and adults. *Pediatr Exerc Sci*, 16(2): 113-125.
- 12- Kilding AE., Aziz AR., and Teh KC. 2006. Measuring and predicting maximal aerobic power in international-level intermittent sport athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46(3): 366.
- 13- Eyni Gandomani E., and Reisi J. 2020. Effect of 8 weeks high intensity interval training and spirulina supplementation on humoral immune system and body composition in overweight women. *Metabolism and Exercise*, 10(2): 165-182.
- 14- Leicht CA., Goosey-Tolfrey VL., and Bishop NC. 2018. Exercise intensity and its impact on relationships between salivary immunoglobulin A, saliva flow rate and plasma cortisol concentration. *European Journal of Applied Physiology*, 118: 1179-1187.
- 15- Chu WL., Van Quynh L., Radhakrishnan and AK. 2013. Effect of Spirulina (*Arthrospira*) supplementation on the immune response to tetanus toxoid vaccination in a mouse model. *Journal of Dietary Supplements*, 10(3): 229-240.
- 16- Safari, Shirzad, Begzadeh, Mehdi. The effect of eight weeks of training in water on salivary immunoglobulins of men with multiple sclerosis. *Journal of physical activity and health*, 14(4): 39-50.

- 17- Valafar Soren, Alijani Eidi, Aghaei Fariba, Mohsenzadeh Mehssa. The simultaneous effect of resistance training and endothelial progenitor cells injection on the levels of immunoglobulins (IgA, IgM, IgG) in the blood of streptozotocin-induced diabetic rats. *Iranian Journal of Diabetes and Metabolism*. 1401; 22 (2): 109-99
- 18- Gurney T., and Spendiff O. 2022. Algae supplementation for exercise performance: current perspectives and future directions for spirulina and chlorella. *Frontiers in Nutrition*, 9: 865741.
- 19- Hernández-Lepe MA., López-Díaz JA., Juárez-Oropeza MA., Hernández-Torres RP., Wall-Medrano A., and Ramos-Jiménez A. 2018. Effect of *Arthrospira* (*Spirulina*) *maxima* supplementation and a systematic physical exercise program on the body composition and cardiorespiratory fitness of overweight or obese subjects: a double-blind, randomized, and crossover controlled trial. *Marine drugs*, 16(10): 364.
- 20- Hernández-Lepe MA., Olivas-Aguirre FJ., Gómez-Miranda LM., Hernández-Torres RP., Manríquez-Torres JD., and Ramos-Jiménez A. 2019. Systematic physical exercise and *Spirulina maxima* supplementation improve body composition, cardiorespiratory fitness, and blood lipid profile: Correlations of a randomized double-blind controlled trial. *Antioxidants*, 8(11): 507.
- 21- Bahram ME., and Pourvaghari MJ. 2016. The Effect of 12 Weeks of High-Intensity Interval Training (HIIT) on Homocysteine and CRP Cardiovascular Risk Factors and Body Composition in Overweight Men. *Journal of Fasa University of Medical Sciences*, 6(3): 334-42.
- 22- Adams M. 2005. Superfoods for optimum health: chlorella and spirulina. *All Information Contained in this Book Is Copyright, 2006(2007): 2008*.
- 23- Daryanoosh F, A.N., Sherafati Moghadam M, Dadvand SH, The Effect of Resistance Training on Serum Cardiotrophin-1 Levels, Left Ventricular Hypertrophy and Blood Pressure in Hypertensive Elderly Women. *Biannual JAHSSP*, 2016. 3(2): p. 11-16.
- 24- Kolahdouzi, S.B., M. Kani-Golzar, F. A. Saeidi, A. Jabbour, G. et al, Progressive circuit resistance training improves inflammatory biomarkers and insulin resistance in obese men. *Physiol Behav*, 2019. 205: p. 15-21.