



The effect of six weeks of intense interval training and spirulina supplementation on serum levels of hydrogen peroxide and total antioxidant capacity of overweight and obese girls

Mehdi Mogharnasi^{1*}, Mozghan Hatami Farsi², Fatemeh Hajizadeh², Mojtaba Amirabadizadeh³

1. Professor of Exercise Physiology, Department of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran.
2. MSc of Exercise Physiology, Department of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran.
3. Ph.D. of Exercise Physiology, Department of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran.

Abstract

Background and Aim: Today, the use of herbal supplements and regular sports activities are recommended to reduce oxidative damage and improve antioxidant defense. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of six weeks of intense interval training and spirulina supplementation on serum levels of hydrogen peroxide and total antioxidant capacity of overweight girls. **Materials and Methods:** 30 overweight and obese girls ($35 > \text{BMI} > 25$) with an average age of 26.3 ± 12.30 and an average weight of 75.29 ± 10.00 living in Khorameh city were purposefully selected and randomly divided into three groups of 10 people (control, exercise+supplement and exercise+ placebo) were divided. Before the start and 24 hours after the end of the training period, the subjects' anthropometric characteristics were measured. Then, the subjects performed intense interval training for 6 weeks and 3 sessions per week (stationary at maximum speed on a certain route, going back and forth). The supplement groups received 2 tablets of 500 mg of spirulina daily during this period. 24 hours before and 48 hours after the training period, the subjects' blood samples were taken in fasting state. The normality of data distribution was checked using the Shapiro-Wilk test. For comparison between groups, analysis of covariance and post hoc LSD test was used, and for intragroup changes, dependent t test was used at a significance level of $p < 0.05$. **Results:** The results showed that in exercise+supplement and exercise+placebo groups, hydrogen peroxide levels ($p=0.0001$ and $p=0.001$ respectively) and total antioxidant capacity ($p=0.0001$ and $p=0.002$), They decreased and increased significantly. In exercise+supplement and exercise+placebo groups, weight ($p=0.001$ and $p=0.016$ respectively) and fat percentage ($p=0.0001$ and $p=0.001$ respectively) significantly decreased compared to the control group. In relation to waist-to-hip ratio index ($p=0.01$), the results showed that this index decreased significantly only in the exercise+supplement group and the maximum amount of oxygen consumed ($p=0.03$ and $p=0.002$) There was a significant increase in the exercise + supplement and exercise + placebo groups. **Conclusion:** It seems that intense intermittent exercise with and without spirulina supplementation can be effective on changing the body composition and also by increasing the amount of TAC by improving the antioxidant defense system, it can prevent the accumulation of free radicals. and prevent cell damage.

Keywords: intense interval training, spirulina, body composition, hydrogen peroxide, oxidative stress markers

*Corresponding Author, Address: Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran; Email: mogharnasi@birjand.ac.ir



تأثیر شش هفته تمرین تناوبی شدید و مصرف مکمل اسپیرولینا بر سطوح سرمی پراکسید هیدروژن و ظرفیت آنتی اکسیدانی تام دختران دارای اضافه وزن و چاق

مهدی مقرنسی^۱، مزگان حاتمی فارسی^۲، فاطمه حاجی زاده^۲، مجتبی امیرآبادی زاده^۳

۱. استاد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۲. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۳. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: امروزه استفاده از مکمل های گیاهی و انجام فعالیت های ورزشی منظم برای کاهش آسیب های اکسایشی و بهبود دفاع آنتی اکسیدانی توصیه شده است. لذا هدف از مطالعه حاضر بررسی تاثیر شش هفته تمرین تناوبی شدید و مصرف مکمل اسپیرولینا بر سطوح سرمی پراکسید هیدروژن و ظرفیت آنتی اکسیدانی تام دختران دارای اضافه وزن و چاق بود. **روش تحقیق:** تعداد ۳۰ دختر دارای اضافه وزن و چاق ($BMI > 25$) با میانگین سن $12/30 \pm 26/3$ و میانگین وزن $75/29 \pm 10/00$ ساکن شهرستان خرامه به طور هدفمند انتخاب و صورت تصادفی به سه گروه ۱۰ نفره (کنترل، تمرین+مکمل و تمرین+دارونما) تقسیم شدند. قبل از شروع و ۲۴ ساعت پس از اتمام دوره تمرین ویژگی های تن سنجی آزمودنی ها اندازه گیری شد. سپس آزمودنی ها به مدت شش هفته و سه جلسه در هفته به اجرای تمرین تناوبی شدید (به صورت ایستگاهی با حداکثر سرعت در یک مسیر مشخص به صورت رفت و برگشت) پرداختند. گروه های مکمل و دارونما در طول این مدت روزانه دو عدد قرص ۵۰۰ میلی گرمی اسپیرولینا یا دارونما دریافت کردند. ۲۴ ساعت قبل و ۴۸ ساعت بعد از دوره تمرین در حالت ناشتایی نمونه خون آزمودنی ها گرفته شد. طبیعی بودن توزیع داده ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک بررسی گردید. برای مقایسه بین گروهی از آزمون آنالیز کوواریانس و تعقیبی LSD و برای تغییرات درون گروهی از آزمون t وابسته در سطح معنی داری $p < 0/05$ استفاده شد. **یافته ها:** نتایج نشان داد که در گروه های تمرین+مکمل و تمرین+دارونما مقادیر پراکسید هیدروژن (به ترتیب $p = 0/0001$ و $p = 0/0001$) و ظرفیت آنتی اکسیدانی تام (به ترتیب $p = 0/0001$ و $p = 0/0001$) به طور معنی داری کاهش و افزایش یافتند. در گروه های تمرین+مکمل و تمرین+دارونما مقادیر وزن (به ترتیب $p = 0/001$ و $p = 0/001$) و درصد چربی (به ترتیب $p = 0/0001$ و $p = 0/001$) به طور معنی داری نسبت به گروه کنترل کاهش یافت. در ارتباط با شاخص نسبت دور کمر به لگن نتایج نشان داد که این شاخص فقط در گروه تمرین+مکمل کاهش معنی داری داشت ($p = 0/01$) و مقادیر حداکثر اکسیژن مصرفی نیز در گروه تمرین+مکمل و تمرین+دارونما افزایش معنی داری داشت (به ترتیب $p = 0/003$ و $p = 0/002$). **نتیجه گیری:** به نظر می رسد که تمرین تناوبی شدید با و بدون مصرف مکمل اسپیرولینا می تواند بر روی تغییر ترکیب بدنی موثر باشد و همچنین از طریق بالا بردن میزان TAC با بهبود سیستم دفاع آنتی اکسیدانی از تجمع رادیکال های آزاد جلوگیری کرده و مانع آسیب سلولی شود.

واژه های کلیدی: تمرین تناوبی شدید، اسپیرولینا، ترکیب بدنی، پراکسید هیدروژن، نشانگرهای استرس اکسایشی.



مطالعات کاربردی

علوم زیستی در ورزش



*نویسنده مسئول، آدرس: بیرجند، دانشگاه بیرجند، دانشکده علوم ورزشی؛ پست الکترونیک: mogharnasi@birjand.ac.ir

نسخه پیش از انتشار ویدئو پیش نشده



اضافه وزن و چاقی از بزرگ ترین چالش های سازمان بهداشت جهانی به شمار می رود که تابع عوامل زیادی از جمله سن، جنسیت، عوامل اجتماعی، نوع رژیم غذایی و فعالیت های بدنی است. اگر چه همه این عوامل بر وزن بدن موثرند، اما عدم تعادل بین انرژی دریافتی و مصرف انرژی از مهم ترین عوامل اضافه وزن و چربی به شمار می روند (رضایی منش، ۲۰۲۳). در زنان جوان، میزان مطلوب چربی ۲۱ تا ۲۴ درصد از وزن بدن است و بیشتر از آن، چاقی محسوب می شود (علیمرادی و دیگران، ۲۰۱۲). بدون شک اضافه وزن و چاقی از مشکلات جدی سلامتی در جوامع صنعتی به شمار می رود که عامل بروز بسیاری از بیماری ها است. امروزه ثابت شده است که چاقی و اضافه وزن باعث افزایش خطر مرگ و میرهای ناشی از اضافه وزن و چاقی و کاهش طول عمر می شود. اضافه وزن و چاقی میزان گونه های فعال اکسیژن (ROS) و استرس اکسایشی در بدن را افزایش می دهد و به نظر می رسد موجب بیماری های خاص مرتبط با اضافه وزن و چاقی می شود (رضوی دهگردی و دیگران، ۲۰۲۱). سیستم های فیزیولوژیکی برای مبارزه با ROS از سیستم تخصص یافته و پیچیده ای به نام سیستم آنتی اکسیدانی استفاده می کنند، به علت تنوع زیاد ضد اکسایش ها در بدن ظرفیت آنتی اکسیدان تام (TAC) به عنوان یک شاخص معتبر برای اندازه گیری ظرفیت کل ضد اکسایش محسوب می شود (اختگان و دیگران، ۲۰۲۰). این آنزیم مجموع فعالیت هر دو گروه ضد اکسایش موجود در پلاسما و مایعات بدن را نشان می دهد که می تواند یک نشانگر قابل اعتماد در پیش بینی و تشخیص بیماری ها باشد. به طور عادی، بین تولید رادیکال های آزاد و فعالیت سیستم دفاع ضد اکسایشی سلولی، تعادل وجود دارد. اما کاهش فعالیت آنزیم های ضد اکسایشی سلولی و اختلال در تعادل اکسایشی-ضد اکسایشی؛ وضعیت را به سمت استرس اکسایشی و تولید بیشتر رادیکال های آزاد پیش می برد (فولادی و دیگران، ۲۰۲۱).

ضد اکسایش ها از جمله عوامل اصلی برای مقابله با آسیب های ناشی از ترکیبات رادیکال های آزاد هستند. پراکسید هیدروژن (H_2O_2) نیز یکی از گونه های ROS محسوب می شود که یکی از قوی ترین گونه های فعال اکسیژن است (جعفری و دیگران، ۲۰۲۰) و محققان از آن به عنوان یک روش شبیه ساز استرس اکسایشی در بدن استفاده می کنند (رسولی فساد زاده و دیگران، ۲۰۲۱). تحقیقات اخیر نشان داده است که مصرف بعضی ترکیبات گیاهی به دلیل دارا بودن خاصیت ضد اکسایشی بسیار، باعث کاهش فشار اکسایشی و افزایش تعادل ضد اکسایشی و بهبود ظرفیت آن در شرایط اضافه وزن و چاقی و بیماری های مرتبط با آن می شوند (منصوری دارا و دیگران، ۲۰۲۱).

اسپرولینا یک ریز جلبک رشته سبز-آبی است که به عنوان یک مکمل غذایی استفاده می شود و از جمله خواص آن، می توان به خواص ضد التهابی، ضد اکسایشی، کاهش چربی خون و از بین بردن رادیکال های آزاد اشاره کرد (رتوفی سنجچین و دیگران، ۲۰۱۸). سازمان بهداشت جهانی از اسپرولینا به عنوان ابر غذا یاد کرده است، زیرا فوق العاده مغذی است. همچنین جز مکمل های موثر و بی خطر به شمار می رود که تاییدیه سازمان بهداشت جهانی، سازمان بهداشت آمریکا و موسسه غذا و محصولات کشاورزی آمریکا را

1.Reactive Oxygen Species

2Total Antioxidant Capacity

3. Spirulina



دارد (ایزد مهر و دیگران، ۲۰۲۱). همچنین این مکمل حاوی کاروتنوئیدها؛ ترکیبات فنلی، توکوفرول، بتا-کاروتن و فیکوسیانین ها است که همگی نشان دهنده خواص ضداکسایشی در این مکمل می باشد. در یک مطالعه با ۱۶ دانشجوی داوطلب مصرف رژیم غذایی حاوی ۵ درصد اسپرولینا به مدت سه هفته باعث کاهش قابل توجهی نشانه اکسیداتیو پلازما با افزایش همزمان فعالیت سوپراکسید دیسموتاز شد (گاز-گناجن و دیگران، ۲۰۱۵).

علیرغم استفاده از راهکارهای درمانی مختلف در کاهش استرس اکسایشی، انجام تمرینات ورزشی می تواند به عنوان یک روش درمانی موثر برای جلوگیری از تشدید فرآیندهای مخرب استرس اکسایشی در نظر گرفته شود. محققان بیان کرده اند که اثرات مطلوب فعالیت های ورزشی در بهبود برخی از بیماری ها به دلیل کاهش سطوح استرس اکسایشی و افزایش توان ضداکسایشی ناشی از ورزش است (اختگان و دیگران، ۲۰۲۰). طبق نتایج پژوهشی، پس از فعالیت بدنی، بهبود قابل توجهی در تعادل اکسایش-ضداکسایش از طریق افزایش سیستم دفاع ضداکسایشی ایجاد می شود (بهرام والشمس و دیگران، ۲۰۱۲). همچنین تمرین و فعالیت های بدنی می تواند منجر به عدم تعادل بین ROS و ضداکسایش ها شود (محمد و دیگران، ۲۰۲۲). اخیراً تمرینات تناوبی شدیداً (HIIT) در بین افراد جامعه مورد توجه خاصی قرار گرفته است (هواسعلی و دیگران، ۲۰۲۳). HIIT، پروتکل هایی با زمان کم است که شامل جلسات متناوب تمرین با حجم کم و شدت زیاد می باشد و دارای مزیت نسبی در مقابل تمرین های سنتی تداومی، به لحاظ وقت و کارایی بیشتر هستند و همچنین، به لحاظ متابولیکی و فیزیولوژیکی، فواید بسیاری دارد (کاظمی تنها و دیگران، ۲۰۲۱؛ صالحی اقدم و دیگران، ۲۰۲۰). در تمرینات HIIT، افزایش شدت فعالیت، سبب افزایش دمای مرکزی بدن، افزایش غلظت کلسیم درون سلولی و سنتز پروکسی نترات^۴ و نقص در زنجیره انتقال الکترون می شود که در نهایت، افزایش تولید رادیکال های آزاد را به دنبال دارد. از سوی دیگر، نتایج پژوهش ها بیانگر این موضوع است که قرار گرفتن پی در پی در شرایط تولید رادیکال های آزاد، سازگاری هایی از قبیل افزایش فعالیت آنزیم های سوپر اکسید دیسموتاز و TAC پلاسمایی به وجود می آورد که نتیجه آن افزایش دفاع سلولی و فعالیت سیستم ضداکسایشی در برابر رادیکال های آزاد است. فعالیت های ورزشی با شدت بالا، از طریق بهبود عملکرد دستگاه انتقال الکترون در بهبود نیم رخ آنتی اکسیدانی نقش دارد (عطارزاده حسینی و دیگران، ۲۰۱۸). نتایج پژوهش خیرآبادی و دیگران (۲۰۲۰) نشان می دهد که مکمل اسپرولینا و HIIT، باعث کاهش عوامل التهابی حاصل از اضافه وزن و چاقی می شود (خیرآبادی و دیگران، ۲۰۲۲). همچنین نتایج تحقیقات منصوره دارا و دیگران (۲۰۲۲) نیز نشان داده است که پروتکل HIIT باعث بهبود عوامل اکسایشی و ضداکسایشی در زنان دارای اضافه وزن و چاق می شود. در مطالعه ای دیگر نیز نشان داده شده است که ۱۲ هفته تمرین تناوبی، می تواند باعث افزایش ظرفیت ضداکسایشی تام در زنان شود (اختگان و دیگران، ۲۰۲۲).

با توجه به این که HIIT به عنوان یک روش ورزشی سالم و کارآمد با توانایی تأثیر بر چندین متغیر سلامت از جمله بهبود وزن و افزایش ظرفیت ضداکسایشی، محبوبیت زیادی به دست آورده است و نظر به این که نیاز به مصرف انرژی در تمرینات شدید موجب افزایش

4. Carotenoids

2Gauze-Gnagne

2. High-Intensity Interval Training

4Peroxyacetyl nitrate



اکسیژن مصرفی می گردد و در نهایت تولید گونه های واکنش پذیر اکسیژن افزایش می یابد، این امکان وجود دارد که مکمل های ضد اکسایشی بتوانند از استرس اکسیداتیو و آسیب عضلانی ناشی از آن جلوگیری کنند و از آنجایی که استفاده از داروهای گیاهی و طبیعی دارای خواص ضد اکسایشی، به نسبت داروهای شیمیایی ممکن است بسیار مؤثر واقع شده و در کاهش التهابات و بهبود استرس اکسایشی تاثیر بسزایی داشته باشد و گامی مؤثر برای پیشگیری از صدمات ناشی از استرس اکسایشی بر بدن و سایر بیماری های وابسته به چاقی و کاهش هزینه های درمانی بردارد. از سوی دیگر، با توجه به مطالعات محدود در خصوص اثر مکمل اسپیرولینا بر سیستم اکسایشی-ضد اکسایشی، بنظر می رسد بررسی تاثیر پروتکل HIIT و مصرف مکمل اسپیرولینا بر سطوح سرمی H_2O_2 و TAC در دختران دارای اضافه وزن و چاق بتواند کمک موثری در کاهش تولید رادیکال های آزاد به هنگام تمرین افراد چاق و اضافه وزن کرده و از آسیب های بافتی و عضلانی ناشی از HIIT جلوگیری نماید. لذا هدف پژوهش حاضر بررسی تاثیر شش هفته HIIT و مصرف مکمل اسپیرولینا بر سطوح سرمی H_2O_2 و TAC دختران دارای اضافه وزن و چاق بود.

روش تحقیق

مطالعه حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون و پس آزمون بود. جامعه آماری این پژوهش دختران دارای اضافه وزن و چاق ساکن شهرستان خرامه بودند که طی فراخوانی که از طریق شبکه بهداشت شهرستان خرامه انجام شد، ۳۰ نفر به صورت هدفمند پس از شرکت در یک جلسه توجیهی و ارائه توضیحات کامل در خصوص روند اجرای تحقیق، فواید و ضررهای احتمالی انتخاب شدند. معیارهای ورود به تحقیق عبارت بودند از: دامنه سنی ۲۲ تا ۳۰ سال، شاخص توده بدنی ۲۵-۳۵ کیلوگرم بر متر مربع، عدم انجام فعالیت بدنی منظم طی ۶ ماه قبل از مطالعه، عدم ابتلا به هر گونه بیماری، نداشتن رژیم غذایی برای کاهش وزن، عدم استعمال دخانیات، عدم مصرف مکمل های ضد اکسایشی، عدم مصرف هرگونه دارو و عدم قرار داشتن در فاز خونریزی قاعدگی بود. از طرف دیگر، عدم تمایل افراد به ادامه تمرینات، شرکت در برنامه های ورزشی منظم غیر از برنامه ورزشی پژوهش حاضر، عدم حضور بیش از دو جلسه در برنامه تمرینات، و ابتلا به آسیب های عضلانی و مفصلی در طول مداخله به عنوان معیارهای خروج از تحقیق در نظر گرفته شدند. بعد از تکمیل فرم رضایت نامه، و تکمیل پرسشنامه سلامت و سابقه ورزشی (پرسشنامه ای با ۲۹ سوال و در ابعاد مختلف سوابق خانوادگی، دارویی، بیماری، عفونت، ورزشی و...)؛ داوطلبان به شکل تصادفی به سه گروه ۱۰ نفره شامل گروه تمرین+ دارونما، گروه تمرین+ مکمل و گروه کنترل تقسیم شدند

نحوه اندازه گیری ویژگی های فردی: قبل و ۲۴ ساعت پس از اتمام دوره تمرین، ویژگی های فردی و جسمانی آزمودنی ها شامل سن، قد آزمودنی ها با قدسنج یاگامی ساخت کشور ژاپن و وزن با ترازوی دیجیتال شیائومی مدل XMTZC02HM با دقت ۰/۰۱ و با لباس سبک اندازه گیری شد. BMI شرکت کنندگان از تقسیم وزن بدن (کیلوگرم) بر مجذور قد (مترمربع) محاسبه گردید (خلیلی و نوری، ۲۰۱۱). درصد چربی بدن از طریق اندازه گیری چربی زیرپوستی آزمودنی ها با استفاده از کالیپر هارپندن با دقت ۰/۲ میلی متر، ساخت کشور انگلیس به روش سه نقطه ای (در سه ناحیه سه سر بازو، فوق خاصره و ران از سمت راست بدن در سه نوبت و به فاصله



۲۰ ثانیه بین هر نوبت، برای بازگشت به حالت اولیه) اندازه گیری و سپس درصد چربی بدن با فرمول جکسون و پولاک محاسبه شد (خلیلی و نوری، ۲۰۱۱؛ قراری عارفی و دیگران، ۲۰۱۲). نسبت دور کمر به دور لگن^۱ (WHR) با اندازه گیری دور کمر (در باریک ترین قسمت کمر در حالی که فرد در انتهای بازدم طبیعی خود و روی دو پا به صورت متعادل قرار دارد) و دور لگن (در پهن ترین قسمت آن)، به وسیله متر نواری غیرقابل ارتجاع؛ و محاسبه نسبت دور کمر به لگن بدست آمد (خلیلی و نوری، ۲۰۱۰).

$$\text{سن} \times ۱۳۹۲ / ۰ - (\text{مجموع چین پوستی} \times ۰ / ۰۰۰۰۰۰۲۳) + (\text{مجموع چین پوستی} \times ۰ / ۰۰۰۰۹۹۲۹) - ۱ / ۰۹۹۴۲۱ = \text{چگالی بدن}$$

$$۱۰۰ \times [۴ / ۵ - (\text{چگالی بدن} \div ۴ / ۹۵)] = \text{درصد چربی بدن}$$

برای ارزیابی حداکثر کسین مصرفی ($VO_2\max$) قبل و ۲۴ ساعت پس از اتمام دوره مداخله، از آزمون پله کوئین^۳ و فرمول مربوط به آن استفاده شد (مومنی و دیگران، ۲۰۱۵). برای اجرای این آزمون، جعبه ای مکعب شکل به ارتفاع ۴۱/۳ سانتی متر انتخاب نموده و از آزمودنی خواسته می شد که به طور هماهنگ بر روی پله رفته و دوباره پایین بیایند. ریتم مورد استفاده برای این آزمون برای خانمها ۲۲ گام بر دقیقه است. حرکت به این ترتیب انجام می گیرد: بالا رفتن پای اول + بالا رفتن پای دوم + پایین آمدن پای اول + پایین آمدن پای دوم. این بالا و پایین رفتن ها باید بدون مکث و در زمان سه دقیقه انجام گیرد پس از پایان زمان تعیین شده فرد مورد نظر روی پله نشسته و بلافاصله بعد از ۵ ثانیه استراحت، تعداد ضربان قلب او برای مدت یک دقیقه اندازه گیری و سپس ظرفیت هوازی فرد محاسبه گردید (کاووسیان و دیگران، ۲۰۲۰).

$$VO_2\max = ۱۱۱ / ۳۳ - (۰ / ۴۲ \times \text{ضربان قلب})$$

نحوه مصرف مکمل اسپرولینا و دارونما: مکمل اسپرولینا به شکل کپسول از شرکت ریحان نقش جهان اصفهان تهیه شد. گروه تمرین + مکمل به مدت شش هفته روزانه دو عدد قرص ۵۰۰ میلی گرمی اسپرولینا در دو نوبت (یک ساعت قبل از ناهار و یک ساعت قبل از شام) مصرف کردند. گروه تمرین + دارونما نیز روزانه دو عدد کپسول ۵۰۰ میلی گرمی دارونما محتوی نشاسته که ظاهری مشابه با کپسول های اسپرولینا داشت و از شرکت نادر اصفهان تهیه شده بود را در دو نوبت (یک ساعت قبل از ناهار و یک ساعت قبل از شام) به صورت یک سو کور مصرف نمودند.

جزئیات پروتکل تمرین اجرا شده: افراد در تمرینات HIIT با شدت ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه، سه جلسه در هفته برای شش هفته شرکت کردند. تمرینات از ۲۴ دقیقه در جلسه اول (پنج تا ۱۰ دقیقه گرم کردن، ۳۰ ثانیه تمرین (دویدن) و ۳۰ ثانیه استراحت فعال (راه رفتن) با چهار تکرار، پنج تا ۱۰ دقیقه سرد کردن) شروع و به ۲۶ دقیقه در جلسه آخر (پنج تا ۱۰ دقیقه گرم کردن، ۳۰ ثانیه تمرین و ۳۰ ثانیه استراحت فعال، با شش تکرار، پنج تا ۱۰ دقیقه سرد کردن) رسید. آزمودنی ها در یک مسافت ۲۰ متری که توسط مخروط مشخص شده بود، پروتکل تمرینی را به مدت شش هفته و هر هفته سه جلسه اجرا کردند. با شروع پروتکل تمرینی، آزمودنی ها با حداکثر سرعت از نقطه شروع (مخروط شماره ۱) به طرف مخروط شماره دو می دویدند (مسیر A)، سپس بر می گشتند و در جهت

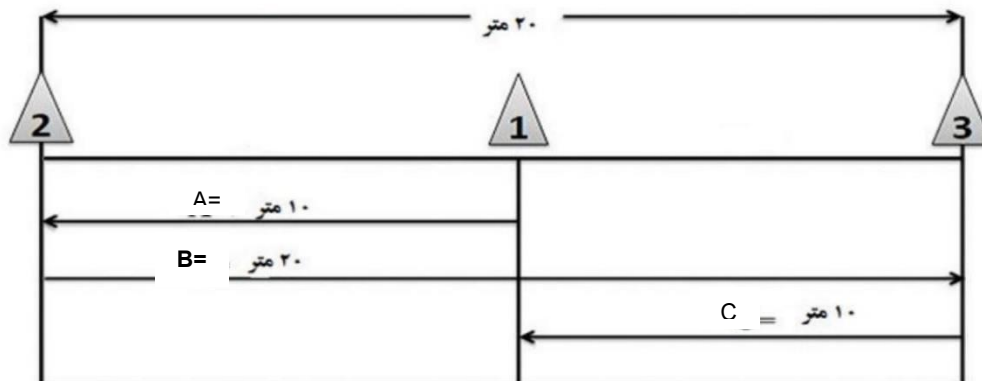
¹ Ackson and Pollock

² . Waist-Hip Ratio

³ Queens Step



مخالف، با حداکثر سرعت ۲۰ متر به طرف مخروط شماره سه می‌دویند (مسیر B). در نهایت، با حداکثر سرعت به نقطه شروع (مخروط شماره یک) بر می‌گشتند (مسیر C) تا مسافت ۴۰ متر کامل شود. آزمودنی‌ها این روند را با حداکثر سرعت ادامه می‌دادند تا دوره زمانی ۳۰ ثانیه پروتکل تمرینی به اتمام برسد. پس از ۳۰ ثانیه استراحت، پروتکل تمرین تکرار می‌شد. پیشرفت تمرین با افزایش تعداد تکرارهای ۳۰ ثانیه‌ای از چهار نوبت در هفته اول و دوم، به پنج نوبت در هفته سوم و چهارم، و شش نوبت در هفته پنجم و ششم اعمال شد (گندمانی و رئیسی، ۲۰۲۰). شدت تمرین در تمام مراحل پروتکل ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه، برای تمام آزمودنی با استفاده از ضربان سنج پولار مدل A300 ساخت کشور فنلاند از طریق فرمول ۲۲۰ منهای سن محاسبه گردید.



شکل ۱. طرح شماتیک پروتکل تمرین تناوبی شدید

خون گیری و آنالیز آزمایشگاهی: ۲۴ ساعت قبل و حدود ۴۸ ساعت پس از دوره تمرین، بین ساعت هشت تا ۱۰ صبح و در پی ۱۲ ساعت ناشتایی، حدود پنج میلی لیتر خون از ورید قدامی بازویی آزمودنی‌ها در وضعیت نشسته (در محل آزمایشگاه دکتر علیایی شهر خرامه) گرفته شد. نمونه‌های خونی به منظور جداسازی سرم، به مدت پنج دقیقه با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ هیتاچی، مدل Micro 120، ساخت کشور آلمان سانتریفیوژ شدند و جداسازی سرم صورت گرفت. سپس نمونه‌ها در میکروتیوپ‌های جداگانه (۱/۵ میلی لیتری) و به تفکیک گروه‌ها، در یخچال فریزر با دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. اطلاعات مربوط به متغیرهای شیمیایی از طریق تجهیزات آزمایشگاهی به روش الیزا (ظرفیت آنتی اکسیدان تام با استفاده از کیت انسانی با حساسیت ۱۰۰ میکرو مولار بر لیتر ساخت کمپانی Zellbio از کشور آلمان) و پراکسید هیدروژن با استفاده از کیت انسانی با حساسیت ۵μM بر لیتر ساخت کمپانی Zellbio از کشور آلمان و به وسیله دستگاه Elisa Reader مدل Liosion ساخت کشور آمریکا اندازه گیری شد.

روش های آماری: بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک^۱ و فرض برابری واریانس‌ها با آزمون لون بررسی گردید. برای مقایسه بین گروهی از روش تحلیل کوواریانس و آزمون تعقیبی حداقل اختلاف معنی دار^۲ (LSD) استفاده شد. سطح معنی داری

¹ Hettich

² Shapiro-Wilk

³ Least Significant Difference



آماري در کليه موارد $p < 0.05$ در نظر گرفته شد. تمام محاسبات آماري با استفاده از نرم افزاري آماري SPSS نسخه 26 انجام شد.

يافته ها

ميانگين سن، قد و وزن هر سه گروه کنترل، تمرين+مکمل و تمرين+ دارونما در جدول يک ارائه شده است. نتايج آزمون تحليل کوواريانس نشان داد که مقادير p در همه شاخص ها کمتر از 0.05 مي باشد (جدول دو). بنا بر اين، مي توان گفت تفاوت معني داري بين گروه ها در شاخص هاي H_2O_2 ، TAC، وزن، BMI، VO_2max ، WHR و درصد چربي پس از شش هفته HIIT و مصرف مکمل اسپيرولينا وجود دارد ($p < 0.05$).

نتايج آزمون LSD نشان داد که مقادير H_2O_2 ، وزن، BMI، درصد چربي در گروه هاي تمرين+مکمل و تمرين+ دارونما نسبت به گروه کنترل به طور معني داري کاهش يافته است (نمودار يک). از طرف ديگر، مقادير TAC، VO_2max در گروه تمرين+مکمل و تمرين+ دارونما نسبت به گروه کنترل به طور معني داري افزايش يافته است (نمودار يک). بعلاوه، مقادير WHR در گروه تمرين+مکمل نسبت به گروه کنترل به طور معني داري کاهش يافت ($p = 0.01$)، بين ساير گروه ها تفاوت معني داري مشاهده نشد ($p > 0.05$).

جدول 1. توصيف ويژگي هاي اندازه گيري شده و نتايج آزمون تحليل کوواريانس براي بررسي تغيير در متغيرهاي وابسته در سه گروه شرکت کننده

متغيرها	مراحل	گروه کنترل	گروه تمرين+مکمل	گروه تمرين+ دارونما	نتايج آزمون	
					F	p
پراکسيد هيدروژن (واحد/ميلي ليتر)	پيش آزمون	27/98±5/63	27/51±4/00	28/49±5/64	15/35	0.0001*
	پس آزمون	27/85±5/53	21/44±5/32	24/64±4/99		
طرفيت ضد اکسايشي تام (واحد/ميلي ليتر)	پيش آزمون	221/00±81/16	226/80±88/21	235/00±71/37	25/57	0.0001*
	پس آزمون	217/00±87/94	422/80±71/41	332/00±89/29		
وزن (کيلوگرم)	پيش آزمون	76/21±8/86	74/29±9/84	75/37±11/30	11/75	0.0001*
	پس آزمون	76/40±8/69	72/82±10/22	74/69±11/76		
شاخص توده بدن (کيلوگرم بر متر مربع)	پيش آزمون	29/17±2/23	28/81±2/92	29/15±3/16	9/83	0.001*
	پس آزمون	29/24±2/22	28/23±3/06	28/83±3/35		
حداکثر اکسيژن مصرفي (ميلي ليتر/کيلوگرم/دقيقه)	پيش آزمون	41/23±1/28	40/73±2/37	39/18±2/19	3/42	0.04*
	پس آزمون	41/22±1/28	42/84±3/00	42/45±1/44		
چربي (درصد)	پيش آزمون	34/95±1/61	33/49±3/00	33/31±2/60	11/64	0.0001*
	پس آزمون	34/78±1/60	30/62±3/36	30/90±3/23		
WHR نسبت دور کمر به باسن	پيش آزمون	0/84±0/05	0/86±0/05	0/85±0/07	4/01	0/03*
	پس آزمون	0/84±0/06	0/83±0/05	0/84±0/07		

*نشانه تفاوت معني دار بين گروه تمرين+مکمل، تمرين+ دارونما با گروه کنترل در سطح $p < 0.05$.

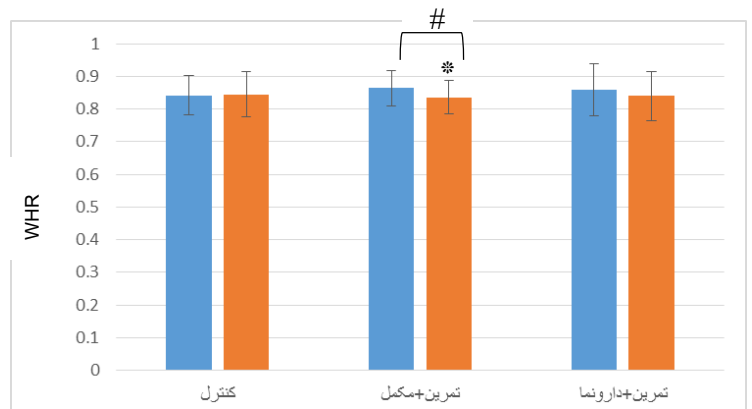
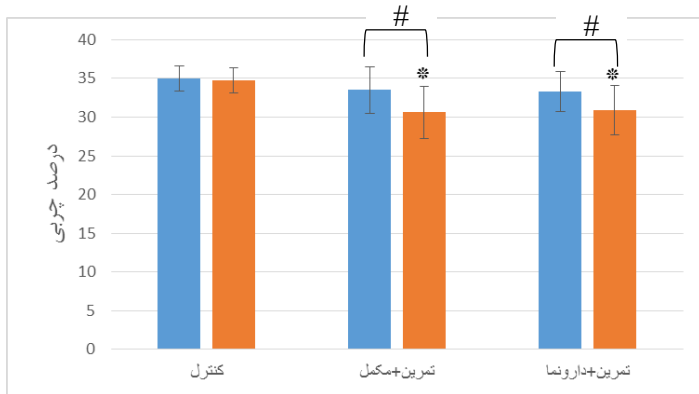
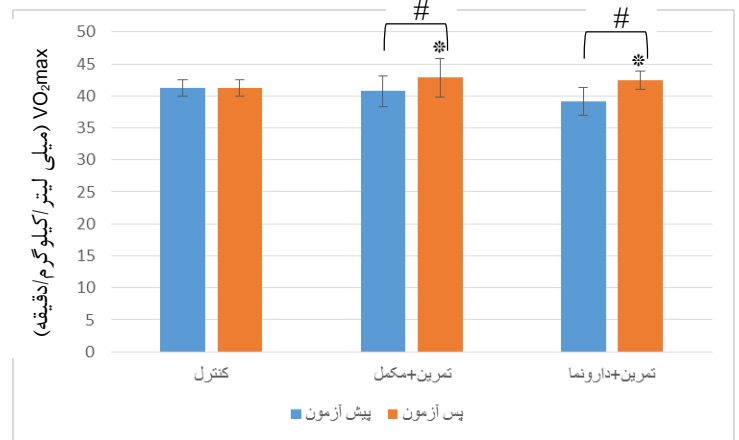
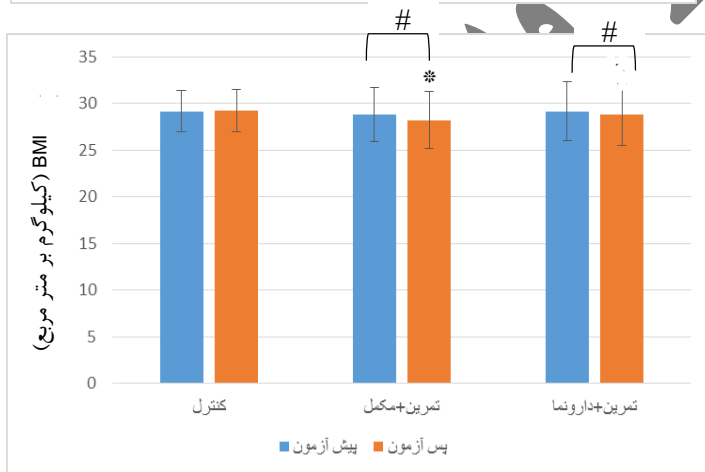
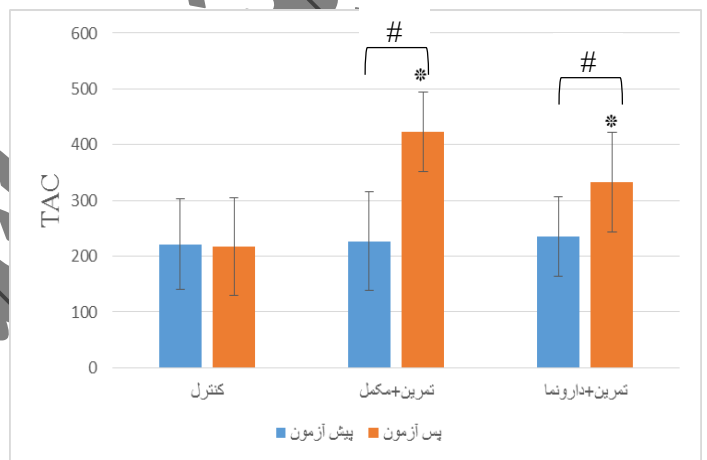
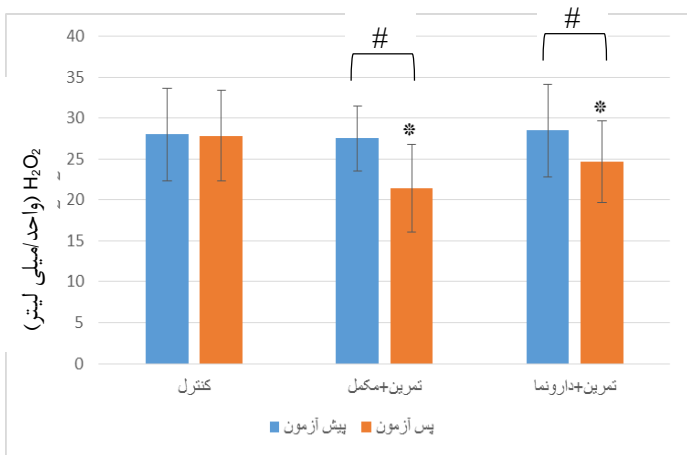


مطالعات کاربردی

علوم زیستی در ورزش



نسخه نهایی





نمودار ۱. تغییرات درون گروهی متغیرهای پژوهش به دنبال شش هفته تمرینات تناوبی شدید به همراه مصرف مکمل اسپیرولینا. *نشانه تفاوت معنی دار درون گروهی $p < 0.05$; # نشانه تفاوت معنی دار بین گروه تمرین+مکمل، تمرین+دارونما با گروه کنترل در سطح $p < 0.05$.

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان داد شش هفته HIIT به تنهایی و همراه با اسپیرولینا، H_2O_2 سرمی دختران دارای اضافه وزن و چاق را به طور معنی دار کاهش می دهد؛ ضمن آن که اثر توام HIIT و اسپیرولینا بر کاهش این متغیر بیشتر بود. نتایج موجود دال بر تاثیر تعدیل کنندگی مکمل اسپیرولینا بر این راهیگال آزاد می باشد. با توجه به جستجوی به عمل آمده، مطالعه ای که مستقیماً اثر HIIT همراه با مکمل اسپیرولینا را بر شاخص H_2O_2 ارزیابی کند، منتشر نشده است. اما با توجه به خاصیت ضد اکسایشی مکمل اسپیرولینا، نتایج تحقیق حاضر با نتایج افضل پور و دیگران (۲۰۱۸) همسو است. آنان تاثیر مکمل کوتاه مدت سلنیوم به دنبال فعالیت حاد روی ۱۰ پسر غیر فعال را مورد بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد که پس از ۱۴ روز استفاده از این مکمل، مقادیر H_2O_2 در گروه های مکمل و مکمل+تمرین نسبت به گروه دارونما؛ کاهش می یابد. همچنین در تحقیقی مشابه خدادادی و دیگران (۲۰۲۲) اثر چهار هفته HIIT همراه با مکمل اسپیرولینا را در زنان دارای دیابت نوع دو مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که مقادیر مالون دی آلدئید^۱ در گروه های مکمل و مکمل+تمرین به نسبت گروه کنترل کاهش معنی داری پیدا می کند. این کاهش می تواند نتیجه اثرات ضد اکسایشی و محافظتی اسپیرولینا به دلیل فیکوسیانین^۲، بتاکاروتن^۳ و سایر ویتامین ها و مواد معدنی موجود در آن باشد (رئوفی سنچاپین و دیگران، ۲۰۱۸)، که به طور خاص در کاهش پراکسیداسیون لیپیدی نقش دارند (ساگارا و دیگران، ۲۰۱۵). همچنین سوپریا^۴ و دیگران (۲۰۲۳) پس از ۱۲ هفته HIIT سه جلسه در هفته، همراه با مکمل اسپیرولینا با دوز ۶ گرم در روز نشان دادند که مقادیر آدیپوکاین های پیش التهابی بهبود قابل توجهی یافته و این بهبود بیشتر از گروه های مکمل

¹ Malondialdehyde

² Phycocyanin

³ β -Carotene

⁴ Supriya



و تمرین به تنهایی بود. از طرف دیگر و ناهمسو با نتایج مطالعه حاضر شیام^۱ و دیگران (۲۰۰۷) گزارش کرده اند که مقادیر مالون دی آلدئید و سوکسینات دهیدروژناز^۲ در افراد سالم پس از مصرف یک دوره ۳۰ روزه اسپیرولینا، با دوز یک گرم در روز، بدون تغییر باقی می ماند. همچنین کریمی اصل و دیگران (۲۰۲۳) در بررسی مصرف مکمل عناب و دو نوع تمرین تناوبی شدید و استقامتی بر وضعیت استرس اکسایشی و طرفیت ضد اکسایشی نشان دادند پس از چهار هفته تمرین، تفاوت معنی داری در مقادیر مالون دی آلدئید و TAC در گروه ها مشاهده نشد.

احتمالاً این نتایج ناهمسو می تواند به دلیل تفاوت ویژگی های شرکت کنندگان (سالم- بیمار)، مدت و شدت تمرین و نوع مکمل دریافتی باشد؛ به طوری که مطالعه خدادادی و دیگران (۲۰۲۲) روی افراد بیمار و داری دیابت نوع دو مطالعه صورت گرفته و در مطالعه شیام و دیگران (۲۰۰۷) تنها اثر مکمل اسپیرولینا مورد بررسی قرار گرفته و مداخله برنامه تمرینی نداشته و در مطالعه کریمی اصل و دیگران (۲۰۲۳) از مکمل عناب استفاده شده بود و مدت تمرین چهار هفته بود. در افراد چاق و دارای اضافه وزن به دلیل اختلال در عملکرد میتوکندری و همچنین نفوذ ماکروفاژهای پیش التهابی، سبب افزایش ROS در بدن می شود. در پروتکل های HIIT نیز افزایش شدت فعالیت، سبب افزایش دمای مرکزی بدن، افزایش غلظت کلسیم درون سلولی و سنتز پروکسی نیترات^۳ و نقص در زنجیره انتقال الکترون؛ افزایش ROS را به دنبال دارد. از سویی دیگر نتایج پژوهش ها بیانگر این موضوع است که قرار گرفتن پی در پی در شرایط تولید رادیکال های آزاد سازگاری هایی از قبیل افزایش فعالیت آنزیم های سوپراکسید دیسموتاز و ATC پلاسمایی به وجود می آورد که نتیجه آن افزایش دفاع سلولی و فعالیت سیستم ضد اکسایشی در برابر رادیکال های آزاد است. همچنین فعالیت های ورزشی با شدت بالا و منظم از طریق بهبود عملکرد دستگاه انتقال الکترون در بهبود نیمرخ ضد اکسایشی نیز نقش ایفا می کنند (عطارزاده و دیگران، ۲۰۲۰). از سوی دیگر، مکمل اسپیرولینا نیز به دلیل دارا بود خواص ضد اکسایشی (رتوفی سنجچین و دیگران، ۲۰۱۸)، نشان داده شده است که وضعیت ضد اکسایشی تام بدن را افزایش می دهد. پس کاهش در مقادیر H₂O₂ می تواند در اثر سازگاری به وجود آمده در اثر تمرین و اثر ضد اکسایشی مکمل اسپیرولینا باشد.

سایر نتایج تحقیق حاضر نشان داد، شش هفته HIIT به تنهایی و همراه با اسپیرولینا، TAC سرمی دختران دارای اضافه وزن و چاق را به طور معنی دار افزایش می دهد؛ ضمن آن که اثر توأم HIIT و اسپیرولینا بر افزایش این متغیر بیشتر بود. در زمینه افزایش میزان TAC، نتایج مطالعه حاضر با یافته های بگدانیس^۴ و دیگران (۲۰۱۳)، کریمی اصل و دیگران (۲۰۲۳)، یوزباشی و دیگران (۲۰۲۳) و خانی و دیگران (۲۰۲۳) همسو؛ و با یافته های یوسف پور و دیگران (۲۰۱۵) و خدادادی و دیگران (۲۰۲۲) ناهمسو است. یوسف پور و دیگران (۲۰۱۵) نشان داده اند که هشت هفته HIIT بر میزان TAC و مالون دی آلدئید بافت کبدی موش های صحرائی^۵ تر ویستار تاثیر معنی داری ندارد. همچنین خدادادی و دیگران (۲۰۲۲) با بررسی چهار هفته HIIT همراه با مصرف مکمل اسپیرولینا در زنان میان سال دارای دیابت نوع دو، نشان داده اند که مقادیر TAC در گروه های تجربی تغییر معنی داری نداشته است. از دلایل عدم همخوانی یافته های

¹ Shyam

² succinate dehydrogenase

³ Peroxynitrite

⁴ Bogdanis



حاضر می توان احتمالاً به مدت و شدت تمرین، نوع آزمودنی ها و وضعیت سلامتی و آمادگی جسمانی آزمودنی ها اشاره کرد. با توجه به اینکه تمرین همراه با مکمل های اسپیرولینا، به دلیل خواص ضداکسایشی می تواند اثرات قابل توجهی بر ظرفیت ضداکسایشی بدن گذاشته و باعث بهبود آسیب های ناشی از استرس اکسایشی شود. با توجه به ماهیت انجام تمرینات HIIT که با شدت بالا و در مدت زمان کم انجام می گردد؛ می تواند باعث افزایش مصرف اکسیژن شده و ممکن است ظرفیت تولید ROS بدن را افزایش دهد، که می تواند منجر به افزایش استرس اکسیداتیو و متعاقب آن پراکسیداسیون لیپیدی شود (خدادای و دیگران، ۲۰۲۲). بنابراین تجویز مکمل های اسپیرولینا می تواند با کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و کاهش تولید مشتقات رادیکال های آزاد از بدن محافظت کرده و این امر نشان دهنده کاهش سطح H_2O_2 سرم و افزایش مقادیر TAC است. از سوی دیگر، ورزش تولیدکننده قوی ROS است و تحقیقات نشان می دهد که افزایش قرار گرفتن در معرض ROS منجر به سازگاری آنزیم های ضداکسایشی در ماهیچه قلب و بافت های اسکلتی در مدل های حیوانی و انسانی می شود. بین شدت تمرین و تغییرات ظرفیت ضداکسایشی کل (TAC) رابطه مستقیم وجود دارد.

از دیگر یافته های این پژوهش، کاهش معنی دار در شاخص های وزن، BMI و درصد چربی و افزایش شاخص VO_2max در گروه تمرین+مکمل و تمرین+دارونما به نسبت گروه کنترل بود. علاوه بر این، نتایج نشان داد که WHR آزمودنی ها فقط در گروه تمرین+مکمل به طور معنی داری کاهش یافت؛ که این موضوع دال بر اثر مضاعف مکمل اسپیرولینا برای رسیدن به کاهش وزن دارد. همچنین در رابطه با VO_2max نتایج نشان داد که مقادیر این شاخص در دو گروه تمرین+مکمل و تمرین+دارونما نسبت به گروه کنترل به طور معنی داری افزایش یافته است. نتایج حاضر با یافته های هرماندز و دیگران (۲۰۱۹)، دلفان و دیگران (۲۰۲۴) و نوبری و دیگران (۲۰۲۲) همسو است. هرماندز و دیگران (۲۰۱۹) نشان داده ند که ورزش منظم به همراه مکمل اسپیرولینا، اثرات مثبتی بر BMI، درصد چربی بدن، نیمرخ لیپیدی و حداکثر اکسیژن مصرفی دارد. دلفان و دیگران (۲۰۲۴) با بررسی اثر ۱۲ هفته HIIT همراه با مکمل اسپیرولینا بر شاخص های آدیپوکاین ها، سلامت قلب و عروق و شاخص های ترکیب بدنی مردان چاق نشان دادند که ترکیب اسپیرولینا و HIIT تغییرات قابل توجهی در آدیپوکین های در گردش، سلامت قلب و عروق، ترکیب بدن و VO_2peak مردان چاق در مقایسه با مکمل یا HIIT به تنهایی ایجاد می کند. نوبری و دیگران (۲۰۲۲) با بررسی اثر هشت هفته HIIT همراه با مکمل اسپیرولینا، نشان داده اند که پس از تمرین و تمرین همراه با مکمل اسپیرولینا؛ شاخص های وزن، BMI و WHR هفته کاهش و متقابلاً VO_2max افزایش می یابد. از این رو می توان احتمال داد که HIIT همراه با مکمل اسپیرولینا می تواند بر روی شاخص های مد نظر اثر مثبتی داشته باشد. از سوی دیگر، مطالعه غلامی و دیگران (۲۰۲۰) که بر روی مردان میانسال دارای اضافه وزن و چاق انجام گرفته است، تغییر معنی داری در وزن، BMI، WHR و درصد چربی آزمودنی ها گزارش نکرده است. از دلایل عدم همخوانی می توان به جنسیت، نوع، شدت و مدت تمرین اشاره کرد. به نظر می رسد پروتکل تمرین مقاومتی دایره ای در مطالعه مذکور به نسبت HIIT اجرا شده در تحقیق حاضر، نتوانسته در بهبود ترکیب بدنی موثر باشد. کاهش در چربی و بهبود ترکیب بدنی را می توان به طور منطقی به مصرف انرژی بیشتر مرتبط با HIIT نسبت داد. به نظر می رسد که مصرف مکمل اسپیرولینا می تواند رادیکال های آزاد تولید شده بر اثر HIIT را کاهش دهد و باعث بهبود سیستم دفاع آنتی اکسیدانی بدن شود؛ ضمن آن که از طریق کاهش وزن، BMI، WHR و درصد چربی؛ ترکیب بدنی را بهبود بخشید و باعث عملکرد بهتر توان هوازی شود. علاوه بر این، مطالعات انجام شده نشان می دهد اسپیرولینا پتانسل افزایش درصد توده بدون چربی بدن، کاهش توده چربی، و تعدیل سطوح میوستاتین، فولیستاتین، و فاکتور رشد شبه انسولین ۱ (IGF-1) را دارد، عواملی که در تنظیم توده عضلانی مهم هستند (دلفان و دیگران، ۲۰۲۴). دوره های استراحتی نسبتاً کوتاه بین تمرین تناوبی، نیاز به تامین انرژی از طریق دستگاه هوازی را افزایش می دهد و سبب افزایش تحویل اکسیژن به عنوان عامل اصلی پیشرفت در ظرفیت هوازی می شود. همچنین سرعت فسفوریلاسیون هوازی به دنبال اجرای 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. اسپیرولینا سرشار از پلی پپتید آبی رنگی به نام فیکوسیانین است. دانشمندان چینی اثرات آن را با هورمون اریتروپویتین¹ برابر دانسته اند، که با اثر بر سلول های بنیادی مغز استخوان، موجب تحریک تولید گلبول های قرمز برای اکسیژن رسانی می شود. اسپیرولینا با دارا بودن عوامل انتقال اکسیژن و بیشترین مقدار آهن و اسیدهای آمینه ضروری و غیر ضروری برای سنتز گلوبین؛ در افزایش VO_{2max} نقش بارزی ایفا می کند. افزایش اکسیژن رسانی بیشتر توسط عوامل انتقال دهنده اکسیژن بوسیله اسپیرولینا در تمرینات ورزشی باعث تشدید اثر فعالیت بر افزایش VO_{2max} می شود. بنابر این استفاده از مکمل اسپیرولینا و HIIT به صورت همزمان تاثیر بیشتری بر توان بیشینه هوازی خواهد داشت.

نتیجه گیری: به نظر می رسد به دنبال شش هفته HIIT همراه با مکمل اسپیرولینا، توان هوازی و مقادیر TAC افزایش و وزن کاهش یافته است، که نشان دهنده تقویت سیستم دفاع ضد اکسایشی بدن می باشد. همچنین با تقویت سیستم دفاع ضد اکسایشی بدن، میزان تولید رادیکال آزاد H_2O_2 به طور معنی داری کاهش یافته است. احتمالاً مکمل اسپیرولینا در تعامل با HIIT می تواند وضعیت ترکیب بدنی را بهبود بخشد و آسیب های سلولی به وجود آمده ناشی از استرس اکسایشی را کاهش دهد. با این حال، به منظور درک بهتر سازوکار فعالیت آنزیم های ضد اکسایشی بدن و وضعیت سیستم دفاع ضد اکسایشی بهتر است مطالعات بیشتری با تغییر در پروتکل های تمرینی، دوز مصرف مکمل و نوع شاخص های استرس اکسایشی انجام گیرد.

تعارض منافع

نویسندگان مقاله اعلام می دارند که هیچ گونه تضاد منافی در پژوهش حاضر وجود ندارد.

قدردانی و تشکر

بدین وسیله از کلیه آموزدنی ها و پرسنل آزمایشگاه دکتر علیایی که ما را در این تحقیق یاری نمودند، تشکر و قدردانی می نمایم.

منابع

- Ahmadian Tofghi, A. (2016). The effect of 6-week aerobic exercises with the spirulina supplementation consumption on aerobic performance in non-athletic girls. *Journal of Sport and Biomotor Sciences*, 8(15), 37-43. [In Persian]
- Akhtegan, S., Atashk, S., & Roshdibonab, R. (2022). Investigating the changes in the levels of some lipid peroxidation and total serum antioxidant indices of inactive postmenopausal women following intense combined and intermittent exercises. *Iranian Journal of Women, Midwifery and Infertility*, 24(13), 70-79. [In Persian] <https://doi.org/10.22038/ijogi.2022.20045>
- Alimoradi, N., Norolahi, H., & Hosini, F. (2022). The effect of eight weeks of TRX and CRX training on body composition indices and lipid profile of overweight young women. *Two Quarterly Journals of Movement Physiology and Health*, 2(1), 29-40. [In Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.27834603.1401.2.1.3.3>

¹ Erythropoietin



- Attarzadeh Hosseini, R., Moazzami, M., Farahti, S., Beneficiary, M., Sadegh Iqbali, F. (2020). Comparison of the effect of two continuous moderate intensity and intense intermittent exercise programs on total antioxidant capacity, malondialdehyde and superoxide dismutase in obese and overweight middle-aged women. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism Course*, 22(3), 207-213. [In Persian]. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.16834844.1399.22.3.4.5>
- Bahramoshshams, S.H., Farzanagi, P., & Azarbajejani, M.A. (2022). The effect of aerobic exercise and ethanolic extract of purslane on oxidative stress markers DNA damage in the tissue of desert monkeys poisoned with hydrogen peroxide. *Scientific Quarterly Journal of Animal Physiology and Development*, 16(1), 32-47. [In Persian]. SID. <https://sid.ir/paper/1066672/fa>
- Bogdanis, G.C., Stavrinou, P., Fatouros, I.G., Philippou, A., Chatzinikolaou, A., Draganidis, D., & Maridaki, M. (2013). Short-term high-intensity interval exercise training attenuates oxidative stress responses and improves antioxidant status in healthy humans. *Food and Chemical Toxicology*, 61, 171-177. DOI: [10.1016/j.fct.2013.05.046](https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.05.046)
- Delfan, M., Saeidi, A., Supriya, R., Escobar, K. A., Laher, I., Heinrich, K. M., ... & Zouhal, H. (2024). Enhancing cardiometabolic health: unveiling the synergistic effects of high-intensity interval training with spirulina supplementation on selected adipokines, insulin resistance, and anthropometric indices in obese males. *Nutrition & Metabolism*, 21(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s12986-024-00785-0>
- Foladi, F., Azarbajjani, M.A., & Peeri, M. (2022). The effect of Purslane-seed supplement and aerobic training on mitochondrial biogenesis markers and DNA damage in kidney tissue in rats toxicated by hydrogen peroxide. *Researches in Sport Sciences and Medical Plants*, 3(9), 1-10. [In Persian]. <https://doi.org/10.30495/varzesh.2023.1977919.1049>
- Gandomani, E., & 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. [In Persian]. <https://doi.org/10.22124/jme.2021.17480.202>
- Gauze-Gnagne, C., Lohoues, E., Monde, A., Djinhi, J., Camara, C., & Sess, E. (2015). Evaluation of the Anti-oxidant Effet of Spirulina on Marathon Runners in Cote D'ivoire. *Journal of Nutrition and Food Sciences*, 5, 392.
- Gharari Arefi, R., Chubineh, S., & Kordi, M. R. (2016). The effect of a high-intensity interval training on some of factors affecting erythrocyte sedimentation rate in sedentary young men. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*, 3(6), 74-83. [In Persian]. <https://doi.org/10.22077/jpsbs.2016.67>
- Gholami Moghadam, S., Mogharnasi, M., & Dehghani, K. (2021). The effect of spirulina supplementation and circular resistance exercises on plasma levels of resistin and some body composition indicators of overweight and obese police officers. *Journal of Law Enforcement Medicine*, 10(3), 149-151. [In Persian]. <http://jpmmed.ir/article-1-994-en.html>
- Haji Abedin Rangraz, M., & Hojjat, S. (2021). The Effect of Six-Weeks Aerobic Exercise on Hydrogen Peroxide and Uric Acid Levels in Untrained Girls. *SOREN Student Sports & Health Open Researches E-Journal: New-Approaches*, 2(2), 39-44. [In Persian]. <https://doi.org/10.22037/soren.v2i2.35894>
- Havasali, R., Taheri Kalani, A., & Fatahi, F. (2023). The effect of high-intensity interval training on changes in antioxidant enzymes of liver tissue in male rats fed with high-fat diet. *Journal of Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences*, 11(1), 13-24. [In Persian] .<https://jms.thums.ac.ir>
- Hernández-Lepe, M.A., Olivas-Aguirre, F.J., Gómez-Miranda L.M., Hernández-Torres, R.P, Manríquez-Torres, J.DJ., & 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. <https://doi.org/10.3390/antiox8110507>
- Houshmand Moghadam, B., Attarzadeh Hosseini, S., Kurdi, M.R., & Dolo, T. (2017). The effect of 8 weeks of aerobic training with spirulina supplement on the plasma levels of MDA, SOD and TAC in men with type 2 diabetes. *Physiology and Management Research in Sports*, 10(4), 139-148. [In Persian]. <https://www.sportrc.ir>



- Izadmehr, M., Mogharnasi, M., Saghebjo, M., & Zarban, A. (2023). The effect of resistance training combined with spirulina consumption on malondialdehyde and total antioxidant capacity in overweight and obese men. *Applied Health Studies in Exercise Physiology*, 10(1), 39-49. [In Persian]. 10.22049/jahssp.2022.27955.1490
- Jafari, M., Matinhomae, H., & Rahmatiahmadabad, S. (2021). The effect of eight weeks of aerobic exercise and ATP coriander seed extract on oxidative stress indices and lung tissue of rats poisoned with hydrogen peroxide. *Journal of Torbat Heydarieh University of Medical Sciences*, 9(4), 48-60. [In Persian]. <https://sid.ir/paper/1014120/fa>
- Karimiasl, A., Ghasemikalateh, F., Rahmani, A., & Norouzi, H. R. (2023). The Effect of High Intensity Interval Training and Endurance Training Along With Jujube Supplement Consumption on the State of Oxidative Stress and Antioxidant Capacities of Testicular Tissue of Immature Male Wistar Rats. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*, 10(1), 67-82. [In Persian]. <https://doi.org/10.22049/jahssp.2022.28004.1498>
- Kavousian, M., Salehi Sahlabadi, A., Jafari, M.J., Khodakarim, S., & Rabiei, H. (2020). Investigation of work ability index (WAI) and its relationship with maximal aerobic capacity (VO₂max) among cement industry employer. *Yazd Specialized Scientific Quarterly Journal of Work Medicine*, 12(2), 36-46. [In Persian]. URL: <http://tkj.ssu.ac.ir/article-1-1071-fa.html>
- Kazemi Tanha, M., Nayebifar, S., Ghasemi, E., Nosrat Zehi, S. (2023). The synergistic effect of Nasturtium Officinale extract and high-intensity interval training on fatty acid-binding protein 4 (FABP4) and high-sensitivity C-reactive protein (hs-CRP) in overweight subclinical hypothyroid patients clinical trial. *Sport Physiology*, 14(56), 177-200. [In Persian]. Doi: 10.22089/SPJ.2022.13463.2214
- Kazemi, M., Marandi, S.M., Mohdian Attar, A., Hagitian, M., & Rezaei, Z. (2014). The effect of acute exercise activity on total antioxidant capacity and hydrogen peroxide in male Wistar rats. *Applied Studies of Biological Sciences in Sports*, 2(3), 29-37. [In Persian]. SID. <https://sid.ir/paper/262404/fa>
- Khairabadi, J., Etemad, Z., Azizbeigi, K., & Mohammadzadeh Salamat, K. (2023). The effect of eight weeks of intense interval training with caloric restriction and spirulina supplementation on inflammatory factors in rat heart tissue. Desert animals under high-fat diet. *Journal of Sports Physiology and Physical Activity*, 16(1), 67-79. [In Persian]. <https://doi.org/10.52547/joeppa.16.1.67>
- Khalili, S., & Nouri, R. (2011). The effect of eight weeks of resistance training on leptin and insulin resistance index in obese girls. *Scientific Journal of Hamadan University of Medical Sciences and Health Services*, 20(1), 59-65. [In Persian]. <http://sjh.umsha.ac.ir/article-1-153-en.html>
- Khani, M., Zolfi, H., & Niknam, Z. (2023). The effect of two-week high intensity interval training (HIIT) with Thyme supplementation on lipid profile, oxidative stress, body composition, and aerobic capacity of the obese and overweight women. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*, 10(2), 27-39. [In Persian]. <https://doi.org/10.22049/jahssp.2023.28299.1541>
- Khodadadi, S., Hassani, A., & Naderi, A. (2022). Effect of 4 weeks HIIT with Spirulina supplementation intake on plasma total antioxidant capacity (TAC) and lipid peroxidation (MDA) in women with type 2 diabetes. *Iranian Journal of Diabetes and Obesity*, 14(4), 210-218. <https://doi.org/10.18502/ijdo.v14i4.11228>
- Mansouridara, M., Heydari, F., Ghazalian, F., Ebrahimi, S., Askari, R., & Rashedi, F. (2022). Randomized Double-blind Clinical Trial Examining the High Intensity Interval Training and Ellagic Acid Effects on Antioxidant, and Oxidative Stress Factors in Obese Women. *Jundishapur Journal of Medical Sciences*, 21(4), 586-599. [In Persian]. 10.32598/JSMJ.21.4.2515
- Mohammad, N., Matinhomae, H., & Hoseini, S. A. (2022). Interactive effect of resistance training and pumpkin seed consumption on the levels of inhibitory (glutathione and ATP) and destructive (cytochrome-C and malon di aldehyde) factors in lung tissue of Rats poisoned with hydrogen peroxide. *Journal of Sports Biology (Movement)*, 14(3), 65-79. [In Persian]. <https://doi.org/10.22059/jsb.2022.343665.1534>



- Momeni, M., Nik Sarasht, A., Akbari, Z., Danshi, A., & Pourkhalili, K. (2015). Delayed effects of peripheral ischemic preconditioning on maximal oxygen consumption, lactate release and pulmonary function tests in athletes and non-athletes. *Bimonthly Journal of Southern Medicine, Persian Gulf Bio-Medical Research Institute*, 19(5), 831-819. [In Persian]. <http://dx.doi.org/10.18869/acadpub.ismj.19.5.819>
- Nobari, H., Gandomani, E.E., Reisi, J., Vahabidelshad, R., Suzuki, K., Volpe, S.L., & 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. <https://doi.org/10.3390/biology11020196>
- Raoofisangachin, A., Abdi, A., & Barari, A. (2020). The effect of endurance activity and spirulina supplementation on the levels of inflammatory cytokines in overweight men. *Journal of Gorgan University of Medical Sciences*, 24(2), 1-9. [In Persian]. <http://goums.ac.ir/journal/article-1-4038-en.html>
- Rashidlamir, A., Norozi, J., & Hoshmandmoghadam, B. (2021). The effect of short-term spirulina supplementation on the state of oxidative stress in obese men following resistance exercise. *Animal Biology Quarterly*, 13(3), 55-61. [In Persian]. <https://www.magiran.com/paper/2278506/>
- Rasolifoshadzade, A., Abedi, B., Matinhomae, H., & Farzanegi, P. (2022). The effect of aerobic exercise and St. John's wort extract on some indices of oxidative stress and apoptosis of male rats poisoned with hydrogen peroxide. *Complementary Medicine Quarterly*, 12 (1), 84-99. [In Persian]. <http://dori.net/dor/20.1001.1.22285091.1401.12.1.7.7>
- Razavidehgardi, m., Kshavarz, S., Banaeeborjeni, j., Eftekhari, E. (2023). The effect of resistance, endurance and combined exercises on HIF1 gene expression, PGC1a plasma levels and body composition of overweight elderly men. *Journal of the Faculty of Medicine of Mashhad University of Medical Sciences*, 66(2), 286-298. [In Persian]. <https://doi.org/10.22038/mjms.2023.71931.4264>
- Rezaeemanesh, D. (2023). Response of plasma levels of irisin, follistatin and insulin resistance index to two types of high-intensity interval training in overweight men. *Journal of Physiology of Sports and Physical Activity*, 16(4), [In Persian]. <https://doi.org/10.48308/joeppa.2023.232503.1182>
- Sagara, T., Nishibori, N., Kishibuchi, R., Itoh, M., & Morita, K. (2015). Non-protein components of *Arthrospira (Spirulina) platensis* protect PC12 cells against iron-evoked neurotoxic injury. *Journal of applied phycology*, 27, 849-855. <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0388-1>
- Salehi Aghdam, N., Pouzesh Jadidi, P., Azali Alamdari, K., Bashiri, J., & Nourazar, M.A.R. (2022). Effects of high intensity interval training and curcumin on blood total antioxidant capacity and hepatic NRF2 and caspase-3 level in rats exposed to arsenic. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*, 10(23), 90-103. <https://doi.org/10.22077/jpsbs.2021.3754.1590>
- Shyam, R., Singh, S.N., Vats, P., Singh, V.K., Bajaj, R., Singh, S.B., & Banerjee, P.K. (2007). Wheat grass supplementation decreases oxidative stress in healthy subjects: a comparative study with spirulina. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 13(8), 789-792. <https://doi.org/10.1089/acm.2007.713>
- Supriya, R., Delfan, M., Saeidi, A., Samaie, S. S., Al Kiyumi, M. H., Escobar, K. A., ... & Zouhal, H. (2023). Spirulina Supplementation with High-Intensity Interval Training Decreases Adipokines Levels and Cardiovascular Risk Factors in Men with Obesity. *Nutrients*, 15(23), 4891. <https://doi.org/10.3390/nu15234891>



مطالعات کاربردی

علوم زیستی در ورزش



نسخه پیش از انتشار ویدئو پیش نشده