Journal of Ilam University of Medical Sciences

P-ISSN: 1563-4728
E-ISSN: 2588-3135

The Effect of 12 Weeks of High-Intensity Interval Training Combined with Spirulina Supplementation on Key Indicators of Muscle Growth in Obese Men

Farideh Afsheh [1], Alireza Barari [1*], Asieh Abbassi-Daloii [1], Ayoub Saeidi [2*]

[1] Dept of Exercise Physiology, Faculty of Sport Science, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran
[2] Dept of Physical Education and Sport Science, Faculty of humanities and Social Science, University of kurdistan, Sanandaj, Kurdistan, Iran

Article Info

Article type:
Research article

Article History:
Received: Jan. 09, 2025
Received in revised form: Jul. 22, 2025
Accepted: Aug. 26, 2025
Published Online: Nov. 26, 2025

**** Correspondence to:***
Alireza Barari
Dept of Exercise Physiology, Faculty of Sport Science, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran
Ayoub Saeidi
Dept of Exercise Physiology, Dept of Physical Education and Sport Science, Faculty of humanities and Social Science, University of kurdistan, Sanandaj, Kurdistan, Iran

Email:
alireza54.barari@gmail.com
a.saeidi@uok.ac.ir

A B S T R A C T

Introduction: Obesity is recognized as one of the leading causes of mortality in developing countries and is closely associated with an increased risk of chronic diseases. In recent years, high-intensity exercise interventions and natural supplements have gained attention as effective strategies for managing obesity-related complications. This study aimed to investigate the effects of a 12-week high-intensity interval training (HIIT) program combined with spirulina supplementation on serum levels of decorin and myostatin in obese men.

Materials & Methods: Forty-four obese men (BMI: 33 ± 1 kg/m²; body weight: 101 ± 2 kg) were randomly assigned into four groups (n=11 per group): Control-placebo (C), HIIT-placebo (H), Supplement (S) and HIIT plus supplement (HS). Participants in the H and HS groups performed HIIT sessions three times per week for 12 weeks. Those in the S and HS groups received 6 grams of spirulina daily (3 grams in the morning and 3 grams in the evening) throughout the intervention. Blood samples were collected 48 hours before the start and 48 hours after the final training session. Data were analyzed using SPSS version 22, with a significance level set at $p<0.05$.

Results: Significant differences were observed between the groups regarding changes in decorin and myostatin levels ($p<0.05$). Post-hoc analysis indicated that both the H and HS groups experienced a significant decrease in myostatin levels ($p<0.001$) and a significant increase in decorin levels ($p<0.001$) compared to the control group.

Conclusion: The findings suggest that both HIIT and spirulina supplementation independently lead to favorable changes in myostatin and decorin levels in obese men. Furthermore, the combined intervention produced more pronounced improvements, highlighting the potential synergistic effect of exercise and spirulina in obesity management.

Keywords: Interval training, Spirulina, Adipokines, Obesity

Cite this paper: Afsheh F, Barari A, Abbassi-Daloii A, Saeidi A. The Effect of 12 Weeks of High-Intensity Interval Training Combined with Spirulina Supplementation on Key Indicators of Muscle Growth in Obese Men. *Journal of Ilam University of Medical Sciences.* 2025;33(5):160-170.

Introduction

Obesity remains one of the most pressing global public health challenges, contributing significantly to the rising prevalence of chronic diseases such as cardiovascular disorders, type 2 diabetes, and certain types of cancer. Beyond the excessive accumulation of adipose tissue, obesity is often accompanied by profound metabolic and muscular dysfunctions, including disruptions in key regulatory molecules such as decorin and myostatin. Decorin, a small leucine-rich proteoglycan, plays an essential role in promoting muscle regeneration and hypertrophy by counteracting the effects of myostatin a well-established negative regulator of muscle growth. Elevated levels of myostatin have been consistently reported in obese and sedentary individuals, where they are associated with muscle atrophy, reduced functional capacity, and

© The Author(s)
Publisher: Ilam University of Medical Sciences

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-18]

impaired metabolic efficiency. Given these associations, strategies aimed at modulating the expression of decorin and myostatin may offer promising therapeutic avenues to enhance muscle function and improve metabolic health in obese populations. This study was designed to investigate the effects of a 12-week high-intensity interval training (HIIT) program, both independently and in combination with spirulina supplementation, on serum levels of decorin and myostatin in obese men.

Methods

In this randomized, controlled, semi-experimental study, 44 obese men (BMI > 30 kg/m²; aged 23–32 years) were recruited and randomly assigned to one of four groups (n = 11 per group):Control-placeb (C), HIIT-placebo (H), Supplement-only (S) and HIIT + Supplement (HS). Participants in the H and HS groups completed supervised HIIT sessions three times per week for 12 weeks. The training protocol involved progressive intensity, beginning at 65% of VO_2peak in the first week and reaching 95% by the final two weeks. Sessions consisted of treadmill-based intervals alternating between high-intensity bouts and active recovery periods. Participants in the S and HS groups consumed 6 grams of spirulina daily (3 grams in the morning and 3 grams in the evening) for the entire 12-week period. Blood samples were collected 48 hours before the intervention and 48 hours after the final session. Plasma concentrations of decorin and myostatin were assessed using enzymatic and photometric methods. Statistical analyses were performed using paired t-tests, ANCOVA, and Bonferroni post hoc comparisons, with significance set at $P < 0.05$.

Results

Statistical analysis revealed significant between-group differences in both decorin and myostatin levels ($P < 0.001$(. Decorin: All intervention groups (H, S, HS) showed significant increases compared to the control group ©. The HS group exhibited the greatest increase, significantly higher than both the H and S groups. Additionally, the H group showed a significantly greater increase than the S group. Myostatin: Significant reductions were observed in groups H, S, and HS compared to the control group. The HS group demonstrated the most pronounced decrease, which was significantly greater than the changes observed in the H and S groups. However, there was no statistically significant difference between groups H and S. These findings suggest that both HIIT and spirulina supplementation independently improved muscle-regulating biomarkers, while their combination produced superior synergistic effects.

Conclusion

A 12-week program of high-intensity interval training and spirulina supplementation whether applied separately or in combination resulted in significant improvements in biomarkers related to muscle growth in obese men. Notably, the combined intervention yielded the most substantial benefits, indicating a synergistic interaction between exercise and nutritional supplementation. These results underscore the potential of integrated exercise-nutrition strategies to optimize muscle health in obese populations and highlight the clinical relevance of targeting molecular regulators such as decorin and myostatin in the development of personalized intervention protocols.

Authors' Contribution

Conceptualization, Methodology, Validation AB, Formal Analysis, Investigation, Resources, Software, Data Curation AS, AAD, Writing– Original Draft Preparation FA, Writing–Review & Editing FA, AB, AAD A.S, Visualization, Supervision, Project Administration: FA, AB, AAD, and AS.

Ethical Statement

This study was approved by the Ethics Committee of the Institute of Physical Education and Sport Sciences (IR.SSRC.REC.1401.093) (Iran). The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Funding

This research received no financial support.

Acknowledgment

We would like to express our deepest gratitude and appreciation to all those who helped us in this research.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-18]

مجله دانشگاه علوم پزشکی ایلام

شاپای چاپی : ۱۵۶۳-۴۷۲۸

شاپای الکترونیک : ۲۵۸۸-۳۱۳۵

تأثیر ۱۲ هفته تمرین تناوبی با شدت بالا همراه با مکمل اسپیرولینا بر شاخص‌های کلیدی رشد عضلانی در مردان چاق

فریده افشه [۱]، علیرضا براری [۱*]، آسیه عباسی دلویی [۱]، ایوب سعیدی [۲*]

[۱] گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

[۲] گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۰

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۴/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۴

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۹/۰۵

نویسنده مسئول:

علیرضا براری

گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

ایوب سعیدی

گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران

Email:

alireza54.barari@gmail.com

a.saeidi@uok.ac.ir

چکیده

مقدمه: چاقی یکی از عوامل اصلی مرگ‌ومیر در کشورهای درحال‌توسعه است. هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) همراه با مکمل اسپیرولینا روی دکورین و مایوستاتین در مردان چاق بود.

مواد و روش‌ها: ۴۴ مرد چاق با میانگین شاخص تودهٔ بدنی (BMI) برابر با ۱±۳۳ کیلوگرم بر مترمربع و میانگین وزن ۱۰۱±۲ کیلوگرم، به‌صورت تصادفی به چهار گروه ۱۱ نفری کنترل-دارونما (C)، تمرین-دارونما (H)، مکمل (S) و تمرین مکمل (HS) تقسیم شدند. آزمودنی‌های گروه‌های H و HS 12 هفته، هفته‌ای سه جلسه HIIT را انجام دادند؛ همچنین آزمودنی‌های گروه مکمل ۶ گرم اسپیرولینا در روز (سه گرم صبح و سه گرم عصر) به مدت ۱۲ هفته مصرف کردند. ۴۸ ساعت پیش از شروع پژوهش و ۴۸ ساعت پس از آخرین روز تمرین، خون‌گیری به عمل آمد و اندازه‌گیری‌های لازم انجام شد.

یافته‌های پژوهش: نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میان گروه‌ها برای دکورین و مایوستاتین تفاوت معنی‌دار وجود دارد ($P<0.05$). آزمون تعقیبی نشان داد که H و HS باعث کاهش مایوستاتین ($P<0.001$) و افزایش دکورین ($P<0.001$) نسبت به گروه C شد.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج حاضر نشان داد که HIIT و مکمل اسپیرولینا به‌تنهایی باعث کاهش سطوح مایوستاتین و افزایش دکورین در مردان چاق گردید؛ همچنین مصرف اسپیرولینا به همراه HIIT در مقایسه با سایر گروه‌ها، بهبود بیشتر و بهتری نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تمرین تناوبی، اسپیرولینا، آدیپوکاین، چاقی

استناد: افشه فریده، براری علیرضا ، عباسی دلویی آسیه، سعیدی ایوب. تأثیر ۱۲ هفته تمرین تناوبی با شدت بالا همراه با مکمل اسپیرولینا بر شاخص‌های کلیدی رشد عضلانی در مردان چاق. *مجله دانشگاه علوم پزشکی ایلام*، آذر ۱۴۰۴؛ (۵)۳۳ : ۱۷۰-۱۶۰.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-18]

CC BY NC

مقدمه

چاقی یکی از چالش‌های بزرگ در حوزهٔ سلامت عمومی است که در سطح جهان با سرعت بسیاری در حال گسترش است. بر اساس گزارش‌های سازمان بهداشت جهانی، بیش از یک میلیارد نفر از جمعیت جهان با مشکل اضافه‌وزن یا چاقی روبه‌رو هستند. این وضعیت به‌عنوان یکی از عوامل خطر اصلی برای ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی، دیابت نوع ۲، فشارخون بالا و برخی از انواع سرطان شناخته می‌شود (۱). چاقی با انباشت بیش‌ازحد بافت چربی و اختلال در تعادل انرژی بدن همراه است و به تغییرات فراوانی در تنظیم پروتئین‌ها و هورمون‌های مرتبط با متابولیسم عضلانی منجر می‌شود. در این میان، مولکول‌هایی مانند دکورین (Decorin) و مایوستاتین (Myostatin) نقش مهمی در بازسازی و متابولیسم عضلات ایفا می‌کنند (۲). دکورین یک پروتئین ماتریکس خارج سلولی است که در بافت‌های مختلف، ازجمله عضلات اسکلتی، بیان می‌شود. این پروتئین نقش اساسی در بازسازی عضلات، تنظیم رشد عضلانی و کنترل مسیرهای سیگنالینگ مرتبط با هایپرتروفی عضلات دارد. دکورین به‌ویژه با مهار مایوستاتین که یک بازدارندهٔ طبیعی رشد عضلات است، سبب تحریک رشد عضلات اسکلتی و بهبود ترکیب بدنی می‌گردد (۳). مطالعات نشان داده‌اند که دکورین در پاسخ به فعالیت‌های ورزشی افزایش می‌یابد و این افزایش می‌تواند به بهبود سلامت عضلانی و کاهش آثار منفی ناشی از چاقی کمک کند (۴). از سوی دیگر، مایوستاتین به‌عنوان یک بازدارندهٔ قوی رشد عضلات شناخته‌شده است. این پروتئین که عضوی از خانوادهٔ TGF-β است، فرایند سنتز پروتئین‌های عضلانی را کاهش و تجزیهٔ آن‌ها را افزایش می‌دهد. مطالعات نشان داده‌اند که سطح مایوستاتین در افراد چاق و غیرفعال به‌طور چشمگیری بالاتر است و این افزایش می‌تواند به کاهش تودهٔ عضلانی و کاهش نرخ متابولیسم منجر شود (۵)؛ ازاین‌رو، کاهش سطح مایوستاتین به‌عنوان هدفی بالقوه در برنامه‌های درمانی برای تقویت تودهٔ عضلانی و بهبود مصرف انرژی در افراد چاق مطرح‌شده است (۶).

تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) به‌عنوان روشی کارآمد برای بهبود سلامت قلبی-عروقی، کاهش چربی بدن و بهبود ترکیب بدنی افراد چاق شناخته می‌شود. این نوع تمرین شامل دوره‌های کوتاه و متناوبی از فعالیت‌های با شدت بالا، به دنبال دوره‌های بازیابی فعال یا استراحت است (۷). HIIT به علت مصرف بسیار انرژی و ایجاد تغییرات مثبت در مسیرهای متابولیک، به بهبود حساسیت به انسولین، کاهش التهاب و تحریک بازسازی عضلانی منجر می‌شود (۸)؛ همچنین مطالعات نشان داده‌اند که HIIT می‌تواند سطح مایوستاتین را کاهش دهد که این آثار به‌طور بالقوه موجب افزایش تودهٔ عضلانی و کاهش چربی بدن می‌گردند (۹). از دیگر مزایای HIIT می‌توان به مدت‌زمان کوتاه‌تر آن در مقایسه با تمرینات تداومی اشاره کرد که درعین‌حال، آثار متابولیکی و عملکردی بهتری را به همراه دارد (۱۰).

اسپیرولینا نوعی جلبک سبز-آبی با خواص تغذیه‌ای و درمانی فراوان، به‌عنوان یک مکمل غذایی مؤثر در مدیریت چاقی و بهبود سلامت متابولیک شناخته‌شده است. این مادهٔ غذایی غنی از پروتئین، آنتی‌اکسیدان‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی است که می‌تواند استرس اکسیداتیو را کاهش دهد و عملکرد دستگاه ایمنی را بهبود ببخشد و التهاب را مهار کند (۱۱). اسپیرولینا همچنین ترکیباتی مانند فیکوسیانین و پلی‌فنول‌ها دارد که می‌توانند مسیرهای متابولیکی مرتبط با رشد عضلانی را تقویت کنند و آثار مایوستاتین را کاهش دهند (۱۲). تحقیقات نشان داده‌اند که مصرف اسپیرولینا می‌تواند موجب افزایش تودهٔ عضلانی، کاهش چربی بدن و بهبود شاخص‌های التهابی در افراد چاق شود (۱۳).

ترکیب HIIT و اسپیرولینا به‌عنوان یک رویکرد هم‌افزا مطرح است که می‌تواند آثار فراوانی بر بهبود سطح دکورین و کاهش سطح مایوستاتین داشته باشد. این ترکیب بالقوه می‌تواند به بهبود سلامت متابولیک و عضلانی در مردان چاق کمک کند. پژوهش‌های بسیاری به بررسی آثار HIIT و مکمل‌های غذایی بر عوامل متابولیکی و عضلانی پرداخته‌اند؛ اما هنوز مطالعات کافی دربارهٔ تأثیرات ترکیبی HIIT و اسپیرولینا بر پروتئین‌های کلیدی مانند دکورین و مایوستاتین در افراد چاق انجام نشده است. این تحقیق می‌تواند داده‌های

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-18]

ارزشمندی دربارهٔ تأثیر HIIT و اسپیرولینا بر بهبود ترکیب بدنی و متابولیسم ارائه دهند؛ بنابراین، هدف این پژوهش بررسی آثار ۱۲ هفته تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) همراه با مصرف مکمل اسپیرولینا بر سطوح دکورین و مایوستاتین در مردان چاق است. اهمیت این تحقیق در آن است که با تمرکز بر تنظیم مولکولی رشد عضلانی می‌تواند رویکردهای جدیدی در توان‌بخشی، کنترل چاقی و پیشگیری از تحلیل عضلانی ارائه دهد و درعین‌حال، نقش مداخلات سبک زندگی را در تنظیم پروتئین‌های کلیدی عضله روشن‌تر سازد.

مواد و روش‌ها

با توجه به اینکه آزمودنی‌های پژوهش را مردان چاق تشکیل می‌دادند و در یک طرح پژوهشی ۱۲ هفته‌ای بررسی شدند؛ بنابراین، پژوهش حاضر از نوع کاربردی و نیمه‌تجربی است. نمونه‌گیری به‌صورت تصادفی ساده انجام گردید، بدین‌صورت که پس از اعلام فراخوان داوطلبی، از میان مردان دارای شرایط ورود به مطالعه و با در نظر گرفتن مواردی چون (Waist-to-height ratio (WHtR)>0.5 ،BMI>30) مصرف نکردن مکمل، مبتلا نبودن به بیماری‌های مزمن و انجام ندادن تمرینات منظم در شش ماه گذشته و نداشتن هرگونه آسیب یا مشکل جسمی، تعداد ۴۴ نفر واجد شرایط با بازه سنی ۲۳-۳۲ سال انتخاب شدند که پس از معاینه از سوی پزشک متخصص قلب، به مطالعه وارد گردیدند؛ سپس با استفاده از روش اختصاص تصادفی بلوکی (block randomization) شرکت‌کنندگان به چهار گروه مساوی (n=11) شامل گروه کنترل-دارونما (C)، تمرین-دارونما (H)، مکمل (S) و تمرین مکمل (HS) تقسیم شدند (جدول شمارهٔ ۱). برای جلوگیری از سوگیری و رعایت تعادل در تعداد شرکت‌کنندگان در گروه‌ها، تخصیص تصادفی با استفاده از جدول اعداد تصادفی و توسط فردی مستقل از گروه اجرایی مطالعه صورت گرفت. این روش باعث افزایش قابلیت تعمیم‌پذیری یافته‌ها و کنترل خطای تصادفی در تخصیص شرکت‌کنندگان گردید. پیش از شرکت در مطالعه، همهٔ مراحل و روش کار برای آنان توضیح داده شد و پس از آگاهی کامل و تکمیل پرسش‌نامهٔ پزشکی، رضایت‌نامهٔ کتبی از آنان اخذ گردید. در جلسهٔ اول، از همهٔ آزمودنی‌ها قد، وزن گرفته شد و توضیحات کامل دربارهٔ تمرینات، نحوهٔ انجام آن‌ها و سایر مراحل ارائه گردید.

مجوز کد اخلاق پژوهش حاضر از پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی به شمارهٔ IR.SSRC.REC.1401.093 صادر شده است.

جدول شمارهٔ ۱. ویژگی‌های آنتروپومتریکی آزمودنی‌ها

متغیر	کنترل	مکمل	تمرین	تمرین- مکمل
قد (سانتی‌متر)	۱۷۵/۴±۷/۲	۱۷۱/۴±۳/۱	۱۷۳/۳±۳/۱	۱۷۵/۶±۲/۴
وزن (کیلوگرم)	۱۰۱/۵±۲/۲	۹۷/۴±۸/۷	۹۹/۱۰±۵/۲	۱۰۱/۷±۴/۹
شاخص تودهٔ بدن (kg/m^2)	۳۲/۱±۷/۱	۳۳/۰±۳/۶	۳۳/۰±۰/۷	۳۳/۱±۵/۱

تعیین اوج اکسیژن مصرفی: برای اندازه‌گیری اوج مصرف اکسیژن، از نسخهٔ تعدیل‌شدهٔ آزمون بروس استفاده شد. این آزمون شامل ۷ مرحلهٔ ۳ دقیقه‌ای است که جزئیات آن در جدول زیر آمده است. در هر مرحله از آزمون، دستگاه تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی (Metalyzer 3B-Cortex) برای اندازه‌گیری اوج مصرف اکسیژن و همچنین دستگاه الکتروکاردیوگرام برای ثبت ضربان قلب و پالس‌ها به‌طور همزمان به‌کار گرفته شد. همهٔ آزمون‌ها تحت نظارت یک متخصص طب ورزشی یا فیزیولوژیست ورزشی انجام گردید. علائم مشخصی که نشان‌دهندهٔ رسیدن به اوج مصرف اکسیژن و توقف فعالیت بودند، عبارت‌اند از: مشاهدهٔ تغییرات غیرطبیعی در الکتروکاردیوگرام، احساس فشار بیشتر از ۱۹ در مقیاس درک فشار، درد متوسط یا شدید در ناحیهٔ قفسهٔ سینه، افت فشارخون بیش از ۱۰ میلی‌متر جیوه، سرگیجه و رنگ‌پریدگی. همهٔ مراحل انجام آزمایش و اندازه‌گیری حداکثر مصرف اکسیژن بر اساس دستورالعمل‌های انجمن

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-18]

پزشکی ورزشی آمریکا (ACSM) صورت گرفت (۱۴) (جدول شمارهٔ ۲).

جدول شمارهٔ ۲. آزمون تعدیل‌شدهٔ بروس

مراحل	زمان (دقیقه)	سرعت (کیلومتر بر ساعت)	شیب (درصد)
۰/۵	۳	۲/۷۴	۵
۱	۶	۲/۷۴	۱۰
۲	۹	۴/۰۲	۱۲
۳	۱۲	۵/۴۷	۱۴
۴	۱۵	۶/۷۶	۱۶
۵	۱۸	۸/۰۵	۱۸
۶	۲۱	۸/۸۵	۲۰
۷	۲۴	۹/۶۵	۲۲

شرح تمرین: در ابتدای هر جلسه، آزمودنی‌ها به مدت ۵ دقیقه به گرم کردن بدن پرداختند که شامل حرکات کششی، پیاده‌روی و دویدن آرام بود. در هفتهٔ اول، تمرینات با شدت ۶۵ درصد از VO2peak به مدت ۳۰ دقیقه و سه جلسه در هفته روی تردمیل انجام شد. در هفتهٔ دوم، شدت تمرین به ۷۵ درصد از VO2peak افزایش یافت و مدت‌زمان همان ۳۰ دقیقه در سه جلسه باقی ماند. در هفته‌های سوم و چهارم، آزمودنی‌ها فعالیت تناوبی را با شدت ۷۵ درصد از VO2peak به مدت ۴ دقیقه و فواصل ریکاوری غیرفعال به مدت ۴ دقیقه، درمجموع ۳۲ دقیقه روی تردمیل انجام دادند. در هفته‌های پنجم تا هفتم، شدت تمرین به ۸۵ درصد از VO2peak رسید و آزمودنی‌ها به مدت ۴ دقیقه با شدت ۸۵ درصد VO2peak دویدند و سپس ۴ دقیقه استراحت فعال با شدت ۱۵ درصد VO2peak داشتند که درمجموع ۳۲ دقیقه به طول انجامید. در هفته‌های هشتم تا دهم، شدت تمرین به ۹۰ درصد از VO2peak افزایش یافت و فواصل ریکاوری فعال با شدت ۳۰ درصد از VO2peak برای مدت ۳۲ دقیقه اجرا شد. در دو هفتهٔ پایانی، آزمودنی‌ها به مدت ۴ دقیقه با شدت ۹۵ درصد از VO2peak روی تردمیل دویدند که با فواصل استراحت فعال ۵۰ درصد VO2peak همراه بود. پس از هر جلسهٔ تمرینی، آزمودنی‌ها به مدت ۵ دقیقه سرد کردن با شدت ۵۰ درصد از VO2peak انجام دادند (۱۵).

درنهایت، گروه کنترل طی ۱۲ هفته تمرین، زندگی روزمرهٔ خود را داشتند و از شرکت در فعالیت‌های منظم منع شدند. همهٔ اصول اخلاقی طی مراحل تمرین رعایت گردید و آزمودنی‌ها هر زمانی طی دورهٔ تمرین اجازهٔ انصراف از ادامهٔ تحقیق را داشتند؛

همچنین در پژوهش حاضر، اسپیرولینا به‌صورت خوراکی و به‌صورت کپسول آماده‌شده و ۶ گرم در روز (سه گرم صبح و سه گرم عصر) به مدت ۱۲ هفته مصرف شد (۱۶). همزمان گروه‌های تمرینی دورهٔ تحقیقی خود را بر اساس دستورالعمل تعیین‌شده پشت سر گذاشتند.

برای جمع‌آوری نمونه‌های خون، اولین نمونهٔ ناشتا ۴۸ ساعت پیش از آغاز دورهٔ تمرینی ۱۲ هفته‌ای و دومین نمونه نیز ۴۸ ساعت پس از پایان دورهٔ تمرینات، از ورید بازویی دست راست آزمودنی‌ها گرفته شد. نمونه‌ها به لوله‌های آزمایش اختصاصی حاوی EDTA برای استخراج پلاسما منتقل و سپس به مدت ۱۰ دقیقه در سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردیدند. پلاسمای به‌دست‌آمده در دمای ۷۰- درجهٔ سانتی‌گراد برای انجام آزمایش‌ها ذخیره شد. همهٔ مراحل آزمون در شرایط استاندارد و مشابه، بین ساعت ۸ تا ۱۰ صبح انجام گردید. سطح مایوستاتین با استفاده از روش فتومتریک و کیت تشخیصی شرکت پارس آزمون (تهران، ایران) اندازه‌گیری شد که ضریب تغییرات و حساسیت آن به‌ترتیب ۱/۲ درصد و ۱ میلی‌گرم در دسی‌لیتر گزارش گردید. دکورین نیز با روش آنزیمی (CHOD-PAP) و کالری‌متری،

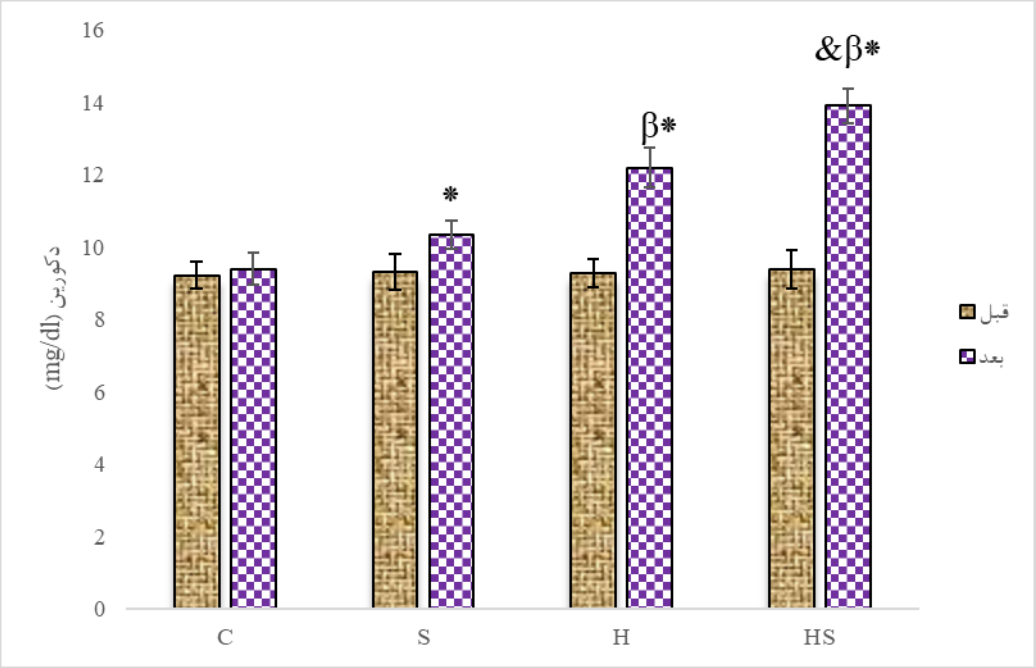
[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-18]

از طریق کیت تشخیص کمی شرکت پارس آزمون (تهران، ایران) اندازه‌گیری شد که ضریب تغییرات و حساسیت آن به‌ترتیب ۱/۱ درصد و ۵ میلی‌گرم در دسی‌لیتر بود.

برای دسته‌بندی و تعیین شاخص‌های پراکندگی از آمار توصیفی استفاده گردید. آزمون کولموگروف اسمیرنوف نشان داد که داده‌ها از توزیع طبیعی برخوردارند. برای سنجش مقایسهٔ میزان تغییرات در پیش‌آزمون با پس‌آزمون در هر گروه، آزمون t همبسته به‌کاربرده شد. برای مقایسهٔ میان گروه‌ها از آنالیز کوواریانس و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده گردید. همهٔ داده‌ها به‌صورت میانگین±انحراف معیار بیان شدند. همهٔ تجزیه‌وتحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS vol.22 صورت گرفت و از نظر آماری معنی‌دار (P<0.05) تلقی گردید.

یافته‌های پژوهش

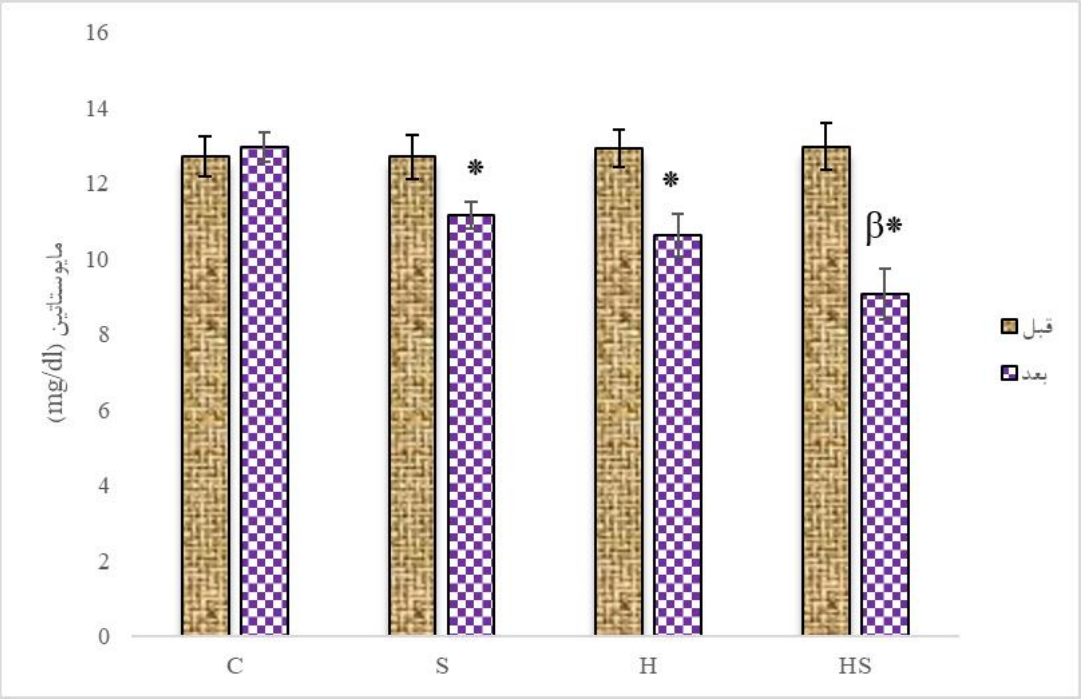
تجزیه‌وتحلیل نتایج دکورین توسط آزمون آنالیز کوواریانس نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار بین‌گروهی (میان گروه‌های C، S، H و HS) بود (P<۰.۰۰۱). نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی افزایش معنادار سطوح دکورین را در گروه‌های S (0.001>P)، H (0.001>P) و HS (0.001>P) نسبت به گروه C نشان داد. علاوه بر این، افزایش سطوح دکورین در گروه HS نسبت به گروه‌های S (0.001>P) و H (0.001>P) از نظر آماری معنادار بود؛ همچنین سطوح دکورین در گروه H نسبت به گروه S به‌صورت معناداری افزایش یافت (P<۰.۰۰۱) (نمودار شمارهٔ ۱).



نمودار شمارهٔ ۱. سطوح پیش‌آزمون و پس‌آزمون دکورین؛ * نشانهٔ افزایش معنادار نسبت به گروه C؛ β نشانهٔ افزایش معنادار نسبت به گروه S؛ & نشانهٔ افزایش معنادار نسبت به گروه H

تجزیه‌وتحلیل نتایج مایوستاتین توسط آزمون آنالیز کوواریانس نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار بین‌گروهی (میان گروه‌های C، S، H و HS) بود (P<۰.۰۰۱). نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی کاهش معنادار سطوح مایوستاتین را در گروه‌های S (0.001>P)، H (0.001>P) و HS (0.001>P) نسبت به گروه C نشان داد. علاوه بر این، کاهش سطوح مایوستاتین در گروه HS نسبت به گروه‌های S (0.001>P) و H (0.001>P) از نظر آماری معنادار بود. با وجود این، سطوح مایوستاتین در گروه H نسبت به گروه S تغییر معناداری نداشت (P=0.143) (نمودار شمارهٔ ۲).

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-18]



نمودار شمارهٔ۲. سطوح پیش‌آزمون و پس‌آزمون مایوستاتین. * نشانه کاهش معنادار نسبت به گروه C. β نشانه کاهش معنادار نسبت به گروه‌های S و H.

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش به‌روشنی نشان می‌دهد که ترکیب تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) و مصرف مکمل اسپیرولینا می‌تواند تأثیرات مثبتی بر تنظیم سطح دکورین و مایوستاتین در مردان چاق داشته باشد. این تأثیرات به علت تغییرات بیولوژیکی و سیگنالینگ مولکولی متعددی است که این دو روش، به‌صورت جداگانه و به‌ویژه در ترکیب با یکدیگر، ایجاد می‌کنند. تمرینات HIIT با ایجاد تنش در فیبرهای عضلانی، مسیر سیگنالینگ TGF-β را مهار می‌کند؛ مسیری که معمولاً به‌عنوان عامل محدودکنندهٔ رشد عضلانی شناخته می‌شود. مهار Smad3 که وابسته به TGF-β است، به افزایش بیان دکورین و کاهش مایوستاتین منجر می‌شود (۱۷, ۱۸). اسپیرولینا نیز با خواص ضدالتهابی خود این اثر را تقویت می‌کند و با کاهش عوامل التهابی مانند TNF-α و IL-6، فعالیت TGF-β را محدود می‌نماید؛ همچنین مکمل اسپیرولینا با تقویت تولید انرژی میتوکندریایی و کاهش استرس اکسیداتیو، اثر این سازوکار را تشدید می‌کند (۱۳). تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) به فعال‌سازی AMPK (پروتئین کیناز فعال‌شده با AMP) منجر می‌شود که حسگر انرژی سلولی بدن است. این فرایند باعث مهار مسیر سیگنالینگ Smad2/3 می‌گردد و از بیان مایوستاتین و افزایش دکورین جلوگیری می‌کند، به‌طوری‌که تمرینات HIIT فشارهای مکانیکی و متابولیکی شدیدی بر عضلات وارد می‌کنند که به فعال‌سازی مسیرهای MAPK و AKT منجر می‌شود (۱۹, ۲۰)؛ همچنین HIIT از طریق تحریک مسیرهای آنابولیک به‌ویژه مسیر IGF-1/Akt/mTOR، موجب مهار مایوستاتین و تحریک سنتز پروتئین‌های عضلانی می‌گردد. از سویی، دکورین خود به‌عنوان یک آنتاگونیست طبیعی مایوستاتین عمل می‌کند و تمرینات شدید می‌توانند بیان ژن آن را از طریق استرس مکانیکی افزایش دهند که به‌نوبهٔ خود، رشد عضله را تقویت می‌کند. این مسیرها نقش مستقیمی در افزایش بیان دکورین در ماتریکس خارج سلولی و کاهش مایوستاتین دارند (۱۹, ۲۰). از سوی دیگر، اسپیرولینا با افزایش آثار آنتی‌اکسیدانی در سلول‌ها، این مسیرها را مؤثرتر می‌کند (۲۱)؛ همچنین تمرینات HIIT موجب افزایش سطح فاکتور رشد شبه‌انسولینی (IGF-1) می‌شوند که از طریق فعال‌سازی مسیر PI3K/Akt، مستقیماً سطح مایوستاتین را کاهش و دکورین را افزایش می‌دهد (۲۲). اسپیرولینا نیز با داشتن ترکیبات

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-18]

آنتی‌اکسیدانی و آثار ضدالتهابی، این مسیر را تقویت می‌نماید و اثر آن را بهبود می‌بخشد (۲۳). HIIT علاوه بر تقویت فیبرهای عضلانی، بازسازی و استحکام ماتریکس خارج سلولی را نیز بهبود می‌بخشد (۲۴). مکمل اسپیرولینا نیز احتمالاً با تأمین ترکیبات مغذی مانند پلی‌فنول‌ها و فیکوسیانین، به این فرایند کمک می‌کند و بیان دکورین را افزایش و مایوستاتین را کاهش می‌دهد (۲۵). HIIT و اسپیرولینا احتمالاً هر دو با کاهش استرس اکسیداتیو و التهاب سیستمیک در بدن، آثار مفیدی بر کاهش مایوستاتین و افزایش دکورین دارند. کاهش عوامل التهابی مانند TNF-α و IL-6 که معمولاً با افزایش مایوستاتین مرتبط هستند، یکی از این سازوکارها است (۲۶). اسپیرولینا همچنین با خواص آنتی‌اکسیدانی قوی خود به محدود کردن آثار مخرب رادیکال‌های آزاد و کاهش سطح مایوستاتین و افزایش سطح دکورین کمک می‌کند (۱۳).

HIIT باعث تحریک میتوکندری‌ها و افزایش ظرفیت هوازی بدن می‌شود که بهبود تولید انرژی را به همراه دارد (۲۷)؛ همچنین اسپیرولینا با ارائهٔ ترکیبات مغذی نظیر اسیدهای آمینهٔ ضروری و مواد معدنی، کارایی تولید انرژی را بهبود می‌بخشد و از استرس سلولی ناشی از تمرینات جلوگیری می‌کند (۲۸).

اسپیرولینا با داشتن فایکوسیانین، اسیدهای آمینهٔ ضروری و آنتی‌اکسیدان‌های قوی، از یک‌سو استرس اکسیداتیو ناشی از تمرین را کاهش می‌دهد و از سوی دیگر، موجب تعدیل التهاب و بهبود محیط متابولیک عضله می‌شود؛ عواملی که در کاهش بیان مایوستاتین و افزایش دکورین مؤثرند (۲۸). HIIT و اسپیرولینا با مهار التهاب سیستمیک و تحریک مسیرهای آنابولیک، همزمان عمل می‌کنند (۲۵, ۲۹). این هماهنگی باعث افزایش بیان دکورین، کاهش مایوستاتین و همچنین بهبود رشد عضلانی و بازسازی بافتی می‌شود؛ همچنین تمرینات HIIT ظرفیت میتوکندری را افزایش می‌دهد و اسپیرولینا با کاهش آسیب‌های اکسیداتیو در میتوکندری‌ها، تولید انرژی (ATP) را بهینه می‌کند (۲۷, ۳۰). این اثر مشترک به کاهش بیشتر مایوستاتین و افزایش مؤثرتر دکورین منجر می‌شود. این همکاری هم‌افزا میان HIIT و اسپیرولینا نه‌تنها به بهبود عملکرد بیولوژیکی بدن کمک می‌کند، بلکه با افزایش ظرفیت عضلانی و کاهش عوامل محدودکننده می‌تواند تأثیرات پایدار و مثبتی بر سلامت کلی داشته باشد.

این پژوهش تأکید می‌کند که HIIT و اسپیرولینا به‌صورت مستقل و ترکیبی، آثار قدرتمندی بر تنظیم فاکتورهای کلیدی رشد عضلانی مانند دکورین و مایوستاتین دارند. ترکیب این دو مداخله از طریق سازوکارهای مولکولی مانند تحریک مسیرهای MAPK و AKT، مهار مسیر TGF-β، کاهش التهاب و استرس اکسیداتیو و بهبود متابولیسم انرژی، آثار هم‌افزایی چشمگیری ایجاد می‌کند.

سپاس‌گزاری

از همه کسانی که در این پژوهش به ما کمک کردند نهایت تقدیر و تشکر و سپاس گذاری را داریم.

تعارض منافع

بدین وسیله پدید آوردندگان اعلام می‌کنند که این اثر حاصل یک پژوهش مستقل بوده و هیچگونه تضاد منافعی با سازمان‌ها و اشخاص دیگری ندارد.

کد اخلاق

این مطالعه توسط کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی (IR.SSRC.REC.1401.093) (ایران) تأیید شد.

حمایت مالی

این مقاله هیچگونه کمک مالی از سازمان تامین کننده مالی در بخشهای عمومی و دولتی، تجاری، غیر انتفاعی، دانشگاه یا مرکز تحقیقات دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

روش‌شناسی، اعتبارسنجی: علیرضا براری، تحلیل رسمی، تحقیق، منابع، نرم‌افزار، گردآوری داده‌ها: ایوب سعیدی، آسیه عباسی دلویی، فریده افشه، تهیه پیش‌نویس اصلی: فریده افشه، علیرضا براری و ایوب سعیدی، نگارش – بررسی و ویرایش ایوب سعیدی، آسیه عباسی دلویی، فریده افشه و علیرضا براری و نظارت، مدیریت پروژه: ایوب سعیدی، علیرضا براری، آسیه عباسی دلویی.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-18]

References

1. Ataey A, Jafarvand E, Adham D, Moradi-Asl E. The relationship between obesity, overweight, and the human development index in world health organization eastern mediterranean region countries. J Prev Med Public Health. 2020;53:98. doi: 10.3961/jpmph.19.100.
2. Broniec MN, Norland K, Thomas J, Wang X, Harris RA. The decorin and myostatin response to acute whole body vibration: impact of adiposity, sex, and race. Int J Obes. 2024;48:1803-8. doi: 10.1038/s41366-024-01630-3.
3. Kanzleiter T, Rath M, Görgens SW, Jensen J, Tangen DS, Kolnes AJ, et al. The myokine decorin is regulated by contraction and involved in muscle hypertrophy. Biochem Biophys Res Commun. 2014;450:1089-94. doi: 10.1016/j.bbrc.2014.06.123.
4. Allen DL, Hittel DS, McPherron AC. Expression and function of myostatin in obesity, diabetes, and exercise adaptation. Med Sci Sports Exerc. 2011;43:1828. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182178bb4.
5. Pervin S, Reddy ST, Singh R. Novel roles of follistatin/myostatin in transforming growth factor-β signaling and adipose browning: Potential for therapeutic intervention in obesity related metabolic disorders. Front Endocrinol. 2021;12:653179. doi: 10.3389/fendo.2021.653179.
6. Takao N, Kurose S, Miyauchi T, Onishi K, Tamanoi A, Tsuyuguchi R, et al. The relationship between changes in serum myostatin and adiponectin levels in patients with obesity undergoing a weight loss program. BMC Endocr Disord. 2021;21:1-9. doi: 10.1186/s12902-021-00808-4.
7. Gillen JB, Gibala MJ. Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? Appl Physiol Nutr Metab. 2014;39:409-12. doi: 10.2145/ajpregu.00538.2014.
8. Little JP, Safdar A, Bishop D, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. An acute bout of high-intensity interval training increases the nuclear abundance of PGC-1α and activates mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2011; 300:R1303-10. doi: 10.1152/ajpregu.00538.2010.
9. Riahy S. The effects of 12 weeks of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on FGF21, irisin, and myostatin in men with type 2 diabetes mellitus. Growth Factors. 2024;42:24-35. doi: 10.1080/08977194.2023.2279163.
10. Ross LM, Porter RR, Durstine JL. High-intensity interval training (HIIT) for patients with chronic diseases. J Sport Health Sci. 2016;5:139-44. doi: 10.1016/j.jshs.2016.04.005.
11. Gershwin ME, Belay A. Spirulina in human nutrition and health: CRC press; 2007. doi: 10.1007/s10811-009-9467-0.
12. Lee C-W, Chang YB, Park CW, Han SH, Suh HJ, Ahn Y. Protein hydrolysate from Spirulina platensis prevents dexamethasone-induced muscle atrophy via Akt/Foxo3 signaling in C2C12 myotubes. Mar Drugs. 2022;20:365. doi: 10.3390/md20060365.
13. Mohiti S, Zarezadeh M, Naeini F, Tutunchi H, Ostadrahimi A, Ghoreishi Z, et al. Spirulina supplementation and oxidative stress and pro-inflammatory biomarkers: A systematic review and meta-analysis of controlled clinical trials. Clin Exp Pharmacol Physiol. 2021;48:1059-69. doi: 10.1111/1440-1681.13510.
14. Farrell PA, Joyner MJ, Caiozzo V. ACSM's advanced exercise physiology: Wolters Kluwer Health Adis (ESP); 2011. doi: 9781451161823.
15. Soltani M, Aghaei Bahmanbeglou N, Ahmadizad S. High-intensity interval training irrespective of its intensity improves markers of blood fluidity in hypertensive patients. Clin Exp Hypertens. 2020;42:309-14. doi: 10.1080/10641963.2019.1649687.
16. Mazokopakis EE, Papadomanolaki MG, Fousteris AA, Kotsiris DA, Lampadakis IM, Ganotakis ES. The hepatoprotective and hypolipidemic effects of Spirulina (Arthrospira platensis) supplementation in a Cretan population with non-alcoholic fatty liver disease: a prospective pilot study. Ann Gastroenterol. 2014;27:387. doi: 10.4188938/PMID/25331487.
17. Biglari S, Afousi AG, Mafi F, Shabkhiz F. High-intensity interval training-induced hypertrophy in gastrocnemius muscle via improved IGF-I/Akt/FoxO and myostatin/Smad signaling pathways in rats. Physiol Int. 2020;107:220-30. doi: 10.1556/2060.2020.00020.
18. Allen DL, Unterman TG. Regulation of myostatin expression and myoblast differentiation by FoxO and SMAD transcription factors. Am J Physiol Cell Physiol. 2007;292:C188-C99. doi: 10.1152/ajpcell.00542.2005.
19. Schönherr E, Levkau B, Schaefer L, Kresse H, Walsh K. Decorin-mediated signal transduction in endothelial cells: involvement of Akt/protein kinase B in up-regulation of p21Waf1/Cip1 but not p27Kip1. J Biol Chem. 2001;276:40687-92. doi: 10.1074/jbc.M105426200.
20. Hulmi JJ, Silvennoinen M, Lehti M, Kivelä R, Kainulainen H. Altered REDD1, myostatin, and Akt/mTOR/FoxO/MAPK signaling in streptozotocin-induced diabetic muscle atrophy. Am J Physiol Endocrinol Metab. 2012;302:E307-E15. doi: 10.1152/ajpendo.00398.2011.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-18]

21. Jeong S-J, Choi J-W, Lee M-K, Choi Y-H, Nam T-J. Spirulina crude protein promotes the migration and proliferation in IEC-6 cells by activating EGFR/MAPK signaling pathway. Mar Drugs. 2019;17:205. doi: 10.3390/md17040205.
22. Kishioka Y, Thomas M, Wakamatsu Ji, Hattori A, Sharma M, Kambadur R, et al. Decorin enhances the proliferation and differentiation of myogenic cells through suppressing myostatin activity. J Cell Physiol. 2008;215:856-67. doi: 10.1002/jcp.21371.
23. Cho JA, Baek SY, Cheong SH, Kim MR. Spirulina enhances bone modeling in growing male rats by regulating growth-related hormones. Nutrients. 2020;12:1187. doi: 10.3390/nu12041187.
24. Callahan MJ, Parr EB, Hawley JA, Camera DM. Can high-intensity interval training promote skeletal muscle anabolism? Sports Med. 2021;51:405-21. doi: 10.1007/s40279-020-01397-3.
25. Wu Q, Liu L, Miron A, Klímová B, Wan D, Kuča K. The antioxidant, immunomodulatory, and anti-inflammatory activities of Spirulina: an overview. Arch Toxicol. 2016;90:1817-40. doi: 10.1007/s00204-016-1744-5.
26. Groussard C, Maillard F, Vazeille E, Barnich N, Sirvent P, Otero YF, et al. Tissue-specific oxidative stress modulation by exercise: A comparison between MICT and HIIT in an obese rat model. Oxid Med Cell Longev. 2019;2019:1965364. doi: 10.1080/17461391.2019.1615556.
27. Chrøis KM, Dohlmann TL, Søgaard D, Hansen CV, Dela F, Helge JW, et al. Mitochondrial adaptations to high intensity interval training in older females and males. Eur J Sport Sci. 2020;20:135-45. doi: 10.1080/17461391.2019.1615556.
28. Clément G, Giddey C, Menzi R. Amino acid composition and nutritive value of the alga Spirulina maxima. J Sci Food Agric. 1967;18:497-501. doi: 10.1002/jsfa.2740181101.
29. Khalafi M, Symonds ME. The impact of high-intensity interval training on inflammatory markers in metabolic disorders: A meta-analysis. Scand J Med Sci Sports. 2020;30:2020-36. doi: 10.1111/sms.13754.
30. Oriquat GA, Ali MA, Mahmoud SA, Eid RM, Hassan R, Kamel MA. Improving hepatic mitochondrial biogenesis as a postulated mechanism for the antidiabetic effect of Spirulina platensis in comparison with metformin. Appl Physiol Nutr Metab. 2019;44:357-64. doi: 10.1139/apnm-2018-0354.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-18]