

The Effects of Ten Weeks of Spinning Training on Body Composition, VO_{2MAX} , and Ghrelin Hormone Levels in Adolescents With Overweight

Dana Salar Abdellah Hamid¹, Allahyar Arabmomeni²

1. Department of Sports Physiology, Faculty of Physical Education & Sports Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. E-mail: danasa@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Sports Sciences, Faculty of Human Sciences, Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Khomeinishahr/Isfahan, Iran. E-mail: arabmomeni@iaukhsh.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received:

10 June 2023

Received in revised form:

1 July 2023

Accepted:

11 July 2023

Published online:

23 September 2023

Keywords:

BMI,

BF%,

spinning training,

VO_{2max} .

ABSTRACT

Introduction: Being overweight and obese during adolescence is associated with a wide range of complications and an increased risk of premature occurrence of physical problems, mental disorders, and some cancers. Therefore, the present study aimed to investigate the effect of ten weeks of spinning training on body composition, VO_{2MAX} , and Ghrelin hormone levels in adolescents with overweight.

Methods: In this quasi-experimental study, with a pre-test, post-test, and a control group design, 30 overweight adolescents with BMI=26.8 kg/m² were selected purposefully, and using a systematic random method, they were assigned into two groups of 15 people (Training and Control). The spinning training protocol was implemented for 10 weeks, three times a week, and lasted about 50 minutes with an intensity of 65% of the maximum heart rate which was conducted incrementally. Blood samples were drawn to estimate research variables. The measurements of height, weight, BMI, and VO_{2MAX} were done in two pre-test and post-test phases. To analyze the data, Analysis of Covariance tests were used via SPSS26 software at a 0.05 level of significance.

Results: The results of the study showed a significant decrease in weight ($P=0.001$), fat percentage ($P=0.001$), and BMI index ($P=0.001$) and also a significant increase in VO_{2MAX} ($P=0.001$) and Ghrelin hormone levels ($P=0.001$) after 10 weeks of spinning training.

Conclusion: These findings indicate the beneficial effects of spinning training on body composition, VO_{2MAX} , and Ghrelin hormone levels in overweight adolescents. Therefore, the use of spinning training is recommended as a suitable prevention and treatment method for overweight and obese adolescents.

Cite this article: Salar Abdellah Hamid D., & Arabmomeni A. The Effects of Ten Weeks of Spinning Training on Body Composition, VO_{2MAX} and Ghrelin Hormone Levels in Adolescents With Overweight. *Journal of Sport Biosciences*. 2023; 15 (3): 19-35.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jsb.2023.360590.1592>



Journal of Sport Biosciences by University of Tehran Press is licensed under CC BY-NC 4.0.
| Web site: <https://jsb.ut.ac.ir/> | Email: jsb@ut.ac.ir.

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

Extended Abstract

Introduction

Physical inactivity is associated with obesity and overweight, which many people are struggling with. Obesity, the syndrome of the new world, is the biggest health problem in the industrialized and modern world, which can affect all classes of society. For this reason, the World Health Organization (WHO) uses the term Globesity for obesity. One of the best ways to achieve a good body composition and physiological adaptations is to participate in physical activities. Spinning is an exercise that is performed with a modified stationary bike and is very popular. This type of exercise with variable intensities during different stages makes it possible to implement the training program at a point of time with high intensity. In addition to body composition, among the physiological indicators related to obesity, factors that can be affected by spinning training are VO_{2MAX} and Ghrelin hormone levels. However, despite the numerous benefits and the global popularity of this type of recreational activity, few studies have been conducted on the effects of spinning on metabolic functions. Considering the aforementioned points and the limitations of the previous studies, the present study aimed to investigate the effect of spinning training on body composition, VO_{2MAX} , and Ghrelin hormone levels in overweight adolescent.s

Methods

This quasi-experimental research was conducted with a pretest-posttest control group design. The statistical population consisted of overweight adolescents with the age range of 14 to 17 years old and BMI in the range of 29.9 to 25 kg/m² from Al-Diwaniyah, Iraq, 30 of whom were invited through social groups. They were selected purposefully and were assigned into two groups of 15 people (Exercise and Control) by a systematic random method. The spinning training protocol was performed for 10 weeks and 3 sessions per week with music. The training session in the first two weeks lasted for 45 minutes and with 50% of the maximum heart rate intensity, which was increased by two minutes weekly and by 5% of intensity every two weeks. Finally, in the last two weeks of the study, the training session reached 60 minutes and was within 75% of the maximum heart rate. The program started with about 7 minutes of warm-up and ended with 6 minutes of cool-down with stretching and light movements. Blood samples were drawn and the height, weight, BMI, and Vo_{2max} were measured in both pre-test and post-test phases. In addition, to analyze the data, Analysis of Covariance tests were used via SPSS26 software at a $P=0.05$ level of significance.

Results

The findings of this study showed that in the training group, the mean weight, BMI, and BF% decreased by 3.73 kg, 1.73 kg/m², and 2.1% from pre-test to post-test, respectively. In addition, spinning training has significantly reduced weight, BMI, and BF % in overweight adolescents ($P=0.001$). Moreover, VO_{2MAX} in the training group increased significantly from the pre-test (35.12) to the post-test (38.82) by 3.7 ml/kg/min ($P=0.001$). However, there was no significant difference between the pre-test and post-test in the control group. In addition, Ghrelin levels in the training group increased significantly from the pre-test (231/82) to the post-test (256/54) by 24.72 pg/ml ($P=0.001$). However, there was no significant difference between the pre-test and post-test in the control group.

Conclusion

The results of the present study showed a 5.5% decrease in body weight, a 6.7% decrease in body fat, and a 6% decrease in BMI. In addition, a significant increase in VO_{2MAX} and Ghrelin hormone levels was observed in the spinning training group. Spinning training with moderate intensity in overweight or obese people increases mitochondrial function, mitochondrial volume, and protein turnover. Also, it causes changes in skeletal muscle's metabolic enzymes, the ratio of capillary network to muscle fibers, and insulin sensitivity. In addition, this training, due to the high energy cost and the activation of the AMPK signaling pathway that increases fat oxidation, can reduce body fat percentage. Furthermore, increasing the activity of oxidative enzymes due to regular training can accelerate metabolic reactions and the process of energy production in cells. The increased activity of these enzymes accelerates and facilitates the process of oxidative phosphorylation and the process of intracellular energy production, and ultimately improves VO_{2MAX} . Besides, similar to training, Ghrelin affects energy balance. Training causes caloric consumption, which can generate signals for Ghrelin-producing cells in the stomach and affect appetite and GH regulation. In summary, the results of the present study showed the beneficial effects of spinning training for 10 weeks on body composition, VO_{2MAX} , and Ghrelin hormone levels in overweight adolescents. Therefore, it is recommended to use this training strategy as a suitable method in preventing the occurrence of overweight and obesity in adolescents and all those who are looking for a healthy lifestyle.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: This study followed the ethical standards and was approved by the Ethics Committee of the Isfahan (Khorasgan) Islamic Azad University with the ethical code: (IR.IAU.KHUISF.REC.1402.219).



Journal of Sport Biosciences

Online ISSN: 2676-4148

Funding: This study was extracted from the MSc thesis of the first author. No funding was received for this study

Authors' contribution: All authors contribute to the study design. Dana Salar Abdellah Hamid collected the data. Allahyar Arabmomeni revised the final version of the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments: We hereby sincerely thank and appreciate all the people who have cooperated in this research.

تأثیر ده هفته تمرین اسپینینگ بر ترکیب بدنی، Vo2max و مقادیر هورمون گرلین در نوجوانان دارای اضافه وزن

دانا سالار عبدالله حمید^۱، الله یار عرب مؤمنی^۲

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران. رایانامه: danasa@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد خمینی شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران. رایانامه: arabmomeni@iaukhsh.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	مقدمه: اضافه وزن و چاقی در دوران نوجوانی با دامنه گسترده‌ای از عوارض و افزایش خطر بروز زودرس مشکلات جسمی، اختلالات روانی و برخی سرطان‌ها همراه است. از این رو تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر ۱۰ هفته تمرین اسپینینگ بر ترکیب بدنی، Vo2max و مقادیر هورمون گرلین در نوجوانان دارای اضافه وزن انجام گرفت.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۰	روش پژوهش: در این تحقیق نیمه تجربی، با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل، ۳۰ نوجوان دارای اضافه وزن با BMI= ۲۶/۵۲ کیلوگرم بر متر مربع، به شیوه هدفمند انتخاب و با استفاده از روش تصادفی نظام‌مند به دو گروه ۱۵ نفری (تمرین و کنترل) تقسیم شدند. پروتکل تمرینی اسپینینگ به مدت ۱۰ هفته، سه جلسه در هفته و هر جلسه حدود ۵۰ دقیقه با شدت ۶۵ درصد ضربان قلب بیشینه به صورت فزاینده اجرا شد. خون‌گیری برای برآورد متغیرهای تحقیق و اندازه‌گیری قد، وزن و شاخص BMI، در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام گرفت. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون‌های کوواریانس با استفاده از نرم‌افزار SPSS26 در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۱۰	یافته‌ها: نتایج تحقیق کاهش معنادار وزن ($P=۰/۰۰۱$)، درصد چربی ($P=۰/۰۰۱$) و شاخص BMI ($P=۰/۰۰۱$) و افزایش معنادار Vo2max ($P=۰/۰۰۱$) و مقادیر هورمون گرلین را به دنبال ۱۰ هفته تمرین اسپینینگ نشان داد ($P=۰/۰۰۱$).
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۰	نتیجه‌گیری: این یافته‌ها بیانگر آثار سودمند تأثیر تمرین اسپینینگ بر ترکیب بدن و Vo2max و مقادیر هورمون گرلین نوجوانان دارای اضافه وزن است. از این رو استفاده از تمرینات اسپینینگ به عنوان یک روش پیشگیری و درمانی مناسب در بروز اضافه وزن و چاقی به نوجوانان دارای اضافه وزن توصیه می‌شود.
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱	
کلیدواژه‌ها: تمرین اسپینینگ، حلاکت اکسیژن مصرفی، درصد چربی، شاخص توده بدنی.	

استناد: سالار عبدالله حمید، دانا؛ و عرب مؤمنی، الله یار. تأثیر ۱۰ هفته تمرین اسپینینگ بر ترکیب بدنی، Vo2max و مقادیر هورمون گرلین در نوجوانان دارای اضافه وزن. نشریه علوم زیستی ورزشی. ۱۴۰۲؛ ۱۵(۳): ۱۹-۳۵.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jsb.2023.360590.1592>

دسترسی به این نشریه علمی، رایگان است و حق مالکیت فکری خود را بر اساس لایسنس کرییتیو کامنز (CC BY-NC 4.0) به نویسندگان واگذار کرده است. | آدرس نشریه: <https://jsb.ut.ac.ir/> | ایمیل: jsb@ut.ac.ir



© نویسندگان.

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

پیامد ماشینی شدن زندگی امروزی به سبب پیشرفت فناوری، فقر حرکتی است که از دیدگاه تندرستی از مهم‌ترین مشکلات جامعه کنونی محسوب می‌شود. علاوه بر این پاندمی CoVID-19 در دهه اخیر، این مشکل را تشدید کرده است [۱]. عدم تحرک بدنی با چاقی و اضافه وزن همراه است که بسیاری از افراد با آن دست به گریبان هستند. چاقی سندروم دنیای جدید، بزرگ‌ترین معضل سلامتی در دنیای صنعتی و مدرن است که می‌تواند بر تمام طبقات جوامع تأثیر بگذارد. به همین علت سازمان بهداشت جهانی^۱ برای چاقی از واژه Globesity به معنای بیماری همه‌گیر چاقی در جهان استفاده می‌کند. در سراسر جهان، ۶۵۰ میلیون بزرگسال، ۳۴۰ میلیون نوجوان و ۳۹ میلیون کودک چاق هستند. این تخمین همچنان در حال افزایش است. بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت، ۱۶۷ میلیون بزرگسال و کودک تا سال ۲۰۲۵ به دلیل اضافه وزن یا چاقی در معرض انواع بیماری و مشکلات قرار خواهند گرفت [۲].

چاقی به دلیل تهدید سلامت نوجوانان ناشی از سایر بیماری‌های مرتبط، مانند دیابت، بیماری‌های قلبی-عروقی و بیماری‌های کبد چرب غیرالکلی^۲ نگرانی‌هایی را ایجاد کرده است [۳]. علاوه بر این، چاقی عامل تأثیرگذار در بلوغ زودرس در میان کودکان و نوجوانان است. از آنجایی که کودکان و نوجوانان چاق احتمال بیشتری برای حفظ فنوتیپ‌های چاق در زندگی بعدی دارند [۴]، نظارت به موقع وضعیت چاقی در کودکان و نوجوانان بسیار مهم است.

یکی از شیوه‌های مطلوب برای رسیدن به ترکیب بدنی مناسب و سازگاری‌های مطلوب فیزیولوژیک، انجام فعالیت‌های بدنی است. اسپینینگ فعالیت ورزشی با دوچرخه ثابت اصلاح‌شده است که شامل رکاب زدن با ریتم‌های مختلف، تمرکز ذهنی، درگیری عاطفی و استفاده از موسیقی خاص در حین تمرین اجرا می‌شود و از محبوبیت زیادی برخوردار است. درگیری ذهنی و تمرکز می‌تواند مهارت جسمانی را بهبود بخشد و بر خستگی جسمانی غلبه کند. کلاس اسپینینگ معمولاً در سالی با نور کم برگزار می‌شود و شرکت‌کنندگان با هم روی دوچرخه‌های ثابت اصلاح‌شده رکاب می‌زنند و با ریتم موسیقی معمولاً بلند و کلمات محرک یک مربی تمرینات را اجرا می‌کنند. هدف از این برنامه بهبود ظرفیت‌های فیزیکی و کاهش وزن با استفاده از دوچرخه‌سواری مجازی است که گاهی اوقات می‌تواند به کمک ویدیویی انجام شود که در آن تمرکز و مشارکت برای غلبه بر خستگی صورت می‌گیرد. در این نوع برنامه تمرینی انگیزشی را با برخی از تکنیک‌های نوین تمرین دوچرخه‌سواری ترکیب می‌کنند. از این رو تمرینات اسپینینگ می‌تواند برای شرکت‌کنندگان بسیار سخت و چالش‌برانگیز باشد. عواملی مانند آهنگ و تعداد پدال زدن، مقاومت پدال، موقعیت قرارگیری ورزشکار (نشسته یا ایستاده) شدت ورزش اسپینینگ را تعیین می‌کنند. از جمله تفاوت‌های موجود بین اسپینینگ و تمرینات هوازی دیگر می‌توان به تفاوت بین وهله‌های تمرینی و نحوه اجرای آنها، میزان فشار اعمالی دنده‌ها، سرعت بالای چرخ‌دنده‌ها، مقاومت چرخ‌ها و وضعیت بدن هنگام نشستن بر روی صندلی که سبب فشارهای متفاوت فیزیولوژیک بر بدن می‌شود، اشاره کرد. ادعا می‌شود که در یک جلسه تمرین اسپینینگ مقدار زیادی انرژی مصرف می‌شود. بنابراین، این تمرینات به عنوان یک برنامه عالی برای کاهش وزن و بخشی از یک برنامه تناسب اندام تفریحی پیشنهاد شده است [۵]. صفرپور و همکاران (۱۳۹۹) بیان کردند تمرینات اسپینینگ، به واسطه افزایش مارکر ضدالتهابی CTRP-3 که در متابولیسم بدن، کبد و بافت چربی نقش دارد، می‌تواند در پیشگیری از بیماری‌های متابولیکی مؤثر باشد [۶]. به علاوه این تمرینات، می‌تواند یک وضعیت بی‌اشتهایی زودگذر ایجاد کند که برای مدت کمی پس از فعالیت ورزشی احساس گرسنگی را به تعویق اندازد، اما این اثر کوتاه‌مدت است. همچنین در تغییر انرژی مصرفی از طریق تغییر در سیگنال‌های گرسنگی و اشتها و پپتیدهای تنظیمی در سطوح سیگنال‌های کوتاه تا بلندمدت افراد چاق و دارای اضافه وزن نقش دارد [۷] و موجب سازگاری‌هایی مانند افزایش اکسیداسیون چربی و بهبود تحمل گلوکز [۸] و در نتیجه تغییر و بهبود ترکیب بدن و کاهش چربی زیرپوستی می‌گردد. افزون بر این، بخش مهمی از برنامه‌های تمرینی برای کنترل وزن، چاقی و پیشگیری از خطرهای ناشی از آن، تمرینات هوازی است. شواهد قوی وجود دارد که نشان می‌دهد فعالیت بدنی، به ویژه تمرینات هوازی، مانند تمرینات اسپینینگ، به جلوگیری از افزایش وزن و کاهش درصد چربی بدن کمک زیادی می‌کند [۹]. اما با وجود

¹. World Health Organization (WHO)

². Non-Alcoholic Fatty Liver Disease (NAFLD)

مزایای فراوان و محبوبیت جهانی این نوع فعالیت‌های تفریحی، مطالعات اندکی در مورد تأثیر اسپینینگ بر عملکردهای متابولیک انجام شده است.

علاوه بر ترکیب بدنی، از جمله شاخص‌های فیزیولوژیک مرتبط با عوارض چاقی که می‌تواند تحت تأثیر تمرینات اسپینینگ قرار گیرد، حداکثر اکسیژن مصرفی^۱ و سطوح هورمون گرلین است. VO2max به حداکثر اکسیژنی اشاره دارد که بدن می‌تواند در طول ورزش و فعالیت بدنی از آن استفاده کند. مقدار اکسیژن مصرفی می‌تواند بهترین شاخص برای تعیین میزان آمادگی قلبی-عروقی یا ظرفیت هوازی (استقامت) بدن باشد و با میزان تمرینات هوازی ارتباط مستقیم دارد. از این رو این شاخص در سازوکارهای مصرف چربی و کاهش وزن درگیر است [۱۰]. افزون بر این، گرلین هورمون پپتید ۲۸ اسیدآمینه‌ای است که به طور غالب توسط بخش ترشح‌کنندهٔ اسید فوندوس معده تولید می‌شود و به عنوان یک لیگاند درون‌زاد برای گیرندهٔ ترشح‌کنندهٔ هورمون رشد مطرح است. این هورمون از مهم‌ترین فاکتورهای شناخته‌شدهٔ محیطی است که احتمالاً در تنظیم دریافت غذا و کنترل وزن بدن نقش مهمی بازی می‌کند، و از جمله هورمون‌های مرتبط با اضافه وزن و چاقی محسوب می‌شود [۱۱]. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که ورزش حاد تولید آسپیل گرلین را سرکوب می‌کند، ولی برنامه‌های تمرینی طولانی‌مدت بیشتر سبب افزایش گرلین کل و دی‌اسپیل گرلین می‌شود که این افزایش در افراد دارای اضافه وزن و چاق محسوس‌تر است [۱۲]. افزون بر این گزارش شده است ۱۲ هفته تمرین موازی مقاومتی-استقامتی موجب افزایش گرلین آسپیل دار می‌شود [۱۳].

با عنایت به مطالب عنوان‌شده و محدودیت مطالعات در خصوص اثر تمرینات اسپینینگ و با توجه به شیوع گستردهٔ اضافه وزن و چاقی بین نوجوانان و افزایش عوارض و بیماری‌های ناشی از آن، شناخت روش‌های مؤثری که بتواند عوامل خطرزا و عوارض ناشی از آن را کاهش دهد، می‌تواند کاربردهای بسیار مهمی از نظر بالینی و سلامتی داشته باشد. در راستای نیل به این مهم، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر تمرین اسپینینگ بر ترکیب بدنی، VO2max و مقادیر هورمون گرلین نوجوانان دارای اضافه وزن انجام شد.

روش‌شناسی پژوهش

طرح پژوهش

این پژوهش از نوع تحقیقات نیمه تجربی است که با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل انجام شد.

شرکت‌کنندگان

جامعه آماری نوجوانان پسر دارای اضافه وزن با دامنهٔ سنی ۱۴ تا ۱۷ سال و با شاخص تودهٔ بدنی^۲ دامنهٔ ۲۵-۲۹/۹ کیلوگرم بر متر مربع، شهر الدیوانیه عراق بودند که ۳۰ نفر از آنها از طریق فراخوان در گروه‌های اجتماعی به هدفمند انتخاب شدند و به روش تصادفی سیستماتیک به دو گروه ۱۵ نفری (تمرین و کنترل) تقسیم شدند. بر اساس نرم‌افزار جی پاور (G*Power نسخهٔ ۳،۱،۹،۲)، حداقل اندازه نمونه ۲۴ نفر (۱۲ نفر در هر گروه) با احتساب آلفای ۵ درصد، بتای ۸۰ درصد و اندازهٔ اثر ۰/۳۰ به دست آمد [۱۴]، ولی با در نظر گرفتن افت نمونه‌ها در مراحل مختلف پژوهش، تعداد ۱۵ نفر در هر گروه در نظر گرفته شد.

معیارهای ورود شامل داشتن سن بین ۱۴ تا ۱۷ سال، نوجوانان پسر، BMI در دامنه ۲۵-۲۹/۹ کیلوگرم بر متر مربع، نداشتن هیچ‌گونه تمرینی با تأکید بر کاهش وزن در طول یک سال گذشته، عدم مصرف هر گونه دارو و مکمل، عدم استعمال دخانیات، نداشتن سابقه بیماری و عفونت اثر گذار بر فاکتورهای ایمنی، نداشتن آسیب حاد در اندام تحتانی در طول ۶ ماه گذشته و نداشتن درد در قسمت تنه و اندام تحتانی و معیارهای خروج شامل غیبت دو جلسهٔ پیاپی در جلسات تمرینی، عدم همکاری مناسب برای انجام مداخله و آسیب‌دیدگی بود.

یک هفته پیش از شروع پروتکل تمرینی، در یک جلسهٔ توجیهی تمامی برنامه‌ها، مزایا و خطرهای احتمالی و شیوهٔ صحیح اجرای تمرینات اسپینینگ برای شرکت‌کنندگان توضیح داده شد. همچنین با توجه به مداخلهٔ تمرینی در این پژوهش و جلوگیری از تأثیرات تداخلی با داروها از آزمودنی‌ها درخواست شد که در طول تحقیق از مصرف هر نوع دارو به خصوص داروهای کاهش‌دهندهٔ فشارخون، اجتناب ورزند

^۱. VO2max

^۲. Body Mass Index (BMI)

و در صورت مصرف گزارش کنند. شایان ذکر است که در جریان اجرای پژوهش همه آزمودنی‌ها تحت نظر پزشک متخصص کنترل شدند تا از بروز هر نوع خطر احتمالی جلوگیری شود. علاوه بر این، در این جلسه به آزمودنی‌ها اطمینان خاطر داده شد که اطلاعات شخصی آنها در نزد پژوهشگران به صورت محرمانه حفظ شده و در نهایت به صورت کلی گزارش می‌شود و به آنان این اختیار نیز داده شد که در هر مرحله از تمرین، در صورت عدم تمایل به ادامه همکاری می‌توانند، انصراف دهند. همچنین در پایان این جلسه به همه آزمودنی‌ها فرم‌های مربوطه داده شد تا به صورت آگاهانه و داوطلبانه آمادگی خود را برای شرکت در تحقیق اعلام کنند. پروتکل تمرینی به مدت ۱۰ هفته و سه جلسه در هفته اجرا شد. گروه کنترل در این مدت برنامه تمرینی نداشتند. به علاوه، خون‌گیری و اندازه‌گیری قد، وزن، شاخص BMI، و $VO2max$ در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام گرفت.

میانگین و انحراف معیار مربوط به سن، قد، وزن و شاخص توده بدن، درصد چربی، $Vo2max$ و سطح گرلین آزمودنی‌های گروه تمرین به ترتیب $1/5 \pm 15/2$ ، $156/75 \pm 6/48$ ، $65/40 \pm 4/72$ ، $31/12 \pm 9/26$ ، $3/69 \pm 2/84$ ، $31/12 \pm 2/67$ ، $35/12 \pm 0/54$ بود. علاوه بر این، میانگین و انحراف معیار مربوط به سن، قد، وزن و شاخص توده بدن، درصد چربی، $Vo2max$ و سطح گرلین آزمودنی‌های گروه کنترل به ترتیب $1/4 \pm 15/6$ ، $155/73 \pm 6/40$ ، $64/70 \pm 5/56$ ، $26/73 \pm 2/74$ ، $31/8 \pm 4/22$ ، $34/98 \pm 11/2$ ، $335/65 \pm 0/87$ بود. این اطلاعات در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار مربوط به سن، قد، وزن، BMI، درصد چربی و $Vo2max$ آزمودنی‌ها

گروه	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	BMI (کیلوگرم بر متر مربع)	درصد چربی	$Vo2max$ (میلی لیتر بر کیلوگرم در دقیقه)	گرلین (پیکوگرم در میلی لیتر)
تمرین	$15/2 \pm 1/5$	$156/6 \pm 75/48$	$65/4 \pm 40/72$	$26/2 \pm 69/84$	$31/9 \pm 12/3$	$35/12 \pm 2/67$	$331/0 \pm 82/54$
کنترل	$15/6 \pm 1/4$	$155/6 \pm 73/40$	$64/5 \pm 70/56$	$26/2 \pm 73/74$	$31/4 \pm 8/22$	$34/98 \pm 11/2$	$335/0 \pm 65/87$

BMI = شاخص توده بدن، $Vo2max$ = حداکثر اکسیژن مصرفی

تعیین شاخص توده بدنی

شاخص توده بدنی آزمودنی‌ها بر اساس اندازه‌گیری‌های قد و وزن انجام گرفت و برای محاسبه BMI از فرمول $BMI = kg/m^2$ (وزن به کیلوگرم تقسیم بر توان دوم قد به متر) استفاده شد. آزمودنی‌های با BMI در دامنه ۲۵-۲۹/۹ کیلوگرم بر متر مربع برای شرکت در تحقیق انتخاب شدند.

روش ارزیابی قد، وزن و درصد چربی

برای اندازه‌گیری قد از قدسنج آلمانی، SECA model 210 با دقت ۳ میلی‌متر استفاده شد. بدین‌صورت که آزمودنی‌ها با پای برهنه پشت به نوار قدسنجی که به دیوار چسبانده شده بود، طوری قرار گرفتند که اولاً وزن بدنشان به‌طور مساوی روی دو پا تقسیم شود، ثانیاً سر و تنه و پاها در یک راستا قرار گیرد و پشت پاها، باسن و سر فرد دیوار را لمس کند. سپس با استفاده از خط‌کش که روی سر آزمودنی قرار داده می‌شد، در حالت بازدم، قد فرد بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری و ثبت شد. برای اندازه‌گیری وزن از ترازوی دیجیتال، KEEP FIT model 6657 ساخت چین استفاده شد. آزمودنی‌ها با لباس سبک و بدون کفش روی ترازوی پزشکی طوری قرار گرفتند که وزنشان روی هر دو پا تقسیم شود. سپس وزن بدن فرد با دقت ۰/۱ کیلوگرم ثبت شد. چربی زیرپوستی آزمودنی‌ها نیز با استفاده از کالیپر لافایت مدل USA, Lafayette Inc, 10gms/mm² به روش اندازه‌گیری چربی زیرپوستی (دونقطه‌ای) و معادله اسلاتر (۱۹۸۸) که توسط لوهمن (۱۹۹۲) بازنویسی شده است، اندازه‌گیری شد [۱۵].

روش ارزیابی VO2max

شاخص VO2max با استفاده از آزمون تناوبی ریکآوری یویو مرحله ۱ انجام گرفت. این آزمون به این صورت انجام شد که ابتدا دو خط به فاصله ۲۵ متر از یکدیگر و سپس خط استارت با فاصله ۵ متر از خط اول، رسم شد. شرکت کنندگان با صدای بوق مسیر ۲۰ متری را طی می‌کنند و برمی‌گردند و سپس حد فاصل خط اول تا خط استارت را در زمان ۵ ثانیه برای ریکآوری فعال طی می‌کنند. زمانی که شرکت کننده نتوانست دو بار به خط برسد، از آزمون حذف و VO2max وی با فرمول $36/4 + \text{مسافت دویدن (متر)} \times 0.0084 =$ حداکثر اکسیژن مصرفی (کیلوگرم/وزن بدن/ دقیقه) محاسبه شد [۱۶].

روش خون‌گیری

نمونه‌های خونی آزمودنی‌ها در مرحله پیش‌آزمون یک روز پیش از شروع برنامه تمرینی و پس از ۱۲ ساعت ناشتایی، در فاصله زمانی ۸ تا ۱۰ صبح توسط تکنیسین آزمایشگاهی و با رعایت نکات استریل از ورید آنتی‌کوبیتال دست چپ آزمودنی‌ها در حالت نشسته، با حجم ۱۰ سی‌سی گرفته شد. در مرحله پس‌آزمون نیز به منظور جلوگیری از تأثیر حاد تمرین بر متغیرهای مورد بررسی پس از گذشت ۲۴ ساعت از آخرین جلسه تمرینی مانند مرحله پیش‌آزمون پس از ۱۲ ساعت ناشتایی در همان بازه زمانی خون‌گیری انجام گرفت. نمونه‌های خونی بلافاصله در یونولیت محتوی یخ خشک در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری و به آزمایشگاه تخصصی برای سنجش و آنالیز بیوشیمیایی انتقال داده شد. برای جداسازی سرم، سانتریفیوژ نمونه‌های خونی با ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه صورت گرفت.

روش ارزیابی مقادیر هورمون گرلین

سطح هورمون گرلین هورمون گرلین پلاسما به روش الایزا و با استفاده از کیت ساخت آلمان (Medical Viovendor Laboratorni) و درصد ضریب تغییرات درون‌آزمونی کمتر از ۴/۷ درصد تعیین شد [۱۱].

پروتکل تمرینی

در پژوهش حاضر گروه تمرین به مدت ۱۰ هفته و هر هفته سه جلسه تحت تأثیر تمرینات اسپینینگ رکاب زدن دوچرخه با موزیک قرار گرفتند. جلسه تمرینی در دو هفته اول ۴۵ دقیقه و با محدوده ضربان قلب ۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه بود که به‌طور فزاینده هر هفته دو دقیقه به زمان و هر دو هفته ۵ درصد به شدت افزوده شد. در نهایت در دو هفته آخر تحقیق، جلسه تمرینی به ۶۰ دقیقه و با محدوده ضربان قلب ۷۵ درصد ضربان قلب بیشینه رسید. این برنامه با حدود ۷ دقیقه گرم کردن شروع و ۶ دقیقه سرد کردن با حرکات کششی و سبک به پایان رسید [۱۷، ۱۸]. تمام تمرینات با نظارت مربی انجام گرفت تا اطمینان حاصل شود که همه حرکات ورزشی با دقت انجام می‌شود. طبق توصیه کالج طب ورزشی آمریکا برای بهبود آمادگی قلبی عروقی شدت تمرینات باید بین ۵۰-۸۵ درصد ضربان قلب ذخیره معادل ۱۳-۱۷ مقیاس درک فشار یعنی شدت سبک تا خیلی سخت باشد [۱۹]. شدت تمرینات بر اساس ضربان قلب آزمودنی‌ها از رابطه ضربان قلب پیش‌بین و معادله کارونن برابر ۵۰ تا ۷۵ درصد ضربان قلب ذخیره برآورد شد. شدت تمرینات پیوسته از طریق ضربان‌سنج پولار (Polar beat T31, N2965, 0537، ساخت فنلاند) در دامنه مذکور کنترل می‌شد و در صورت نیاز به افزایش یا کاهش شدت تمرینات بازخوردهای لازم به آزمودنی‌ها داده می‌شد.

¹. Yo-Yo intermittent recovery test

جدول ۲. طرحواره جمع‌آوری اطلاعات

گروه	آزمودنی‌های	شیوه انتخاب	پیش‌آزمون	متغیر مستقل	پس‌آزمون
تمرین اسپینینگ	نوجوانان دارای اضافه وزن	R	T1	X1	T2
کنترل	نوجوانان دارای اضافه وزن	R	T1	-	T2

R: تصادفی؛ T1: خون‌گیری در مرحله پیش‌آزمون، برآورد ترکیب بدنی، $Vo2max$ و مقادیر هورمون گریلین؛ T2: خون‌گیری در مرحله پس‌آزمون، برآورد ترکیب بدنی، $Vo2max$ و مقادیر هورمون گریلین؛ X1: ۱۰ هفته تمرینات اسپینینگ

روش آماری

به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات، از روش‌های آمار توصیفی برای محاسبه شاخص‌های مرکزی و پراکندگی استفاده شد و داده‌ها بر اساس میانگین و انحراف معیار گزارش شدند. از آزمون شاپیروویلیک برای بررسی نرمال بودن داده‌ها و از آزمون لوین برای بررسی برابری واریانس متغیرها استفاده شد ($P \geq 0/05$). علاوه بر این، به منظور آزمون معناداری تفاوت‌های میانگین گروه‌ها (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) از روش آماری تجزیه و تحلیل کوواریانس با استفاده از نرم‌افزار SPSS²⁶ در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌های پژوهش

جدول ۳. تغییرات بین‌گروهی و درون‌گروهی ترکیب بدنی (وزن، BMI و %BF) گروه‌ها

متغیر	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	تفاوت‌های درون‌گروهی		تفاوت‌های بین‌گروهی (آزمون کوواریانس)			
				T	p	F	P	اندازه اثر	درصد تغییرات
وزن (kg)	تمرین	۶۵/۴±۴۰/۷۲	۶۱/۲±۶۷/۱۲	۱/۷۸	۰/۰۰۲ ^Λ	۴۰/۰۲	۰/۰۰۱*	۰/۶۴	۵/۷
	کنترل	۶۴/۵±۷۰/۵۶	۶۳/۳±۷۰/۲۹	۳/۱۸	۰/۴۲				
BMI (kg/m ²)	تمرین	۲۶/۲±۶۹/۸۴	۲۵/۰۲±۱/۱۴	۴/۱۴	۰/۰۰۱ ^Λ	۲۷/۸۴	۰/۰۰۱*	۰/۵۸	۶/۲۵
	کنترل	۲۶/۲±۷۳/۷۴	۲۶/۱۸±۳/۰۱	۲/۱۰	۰/۲۹				
%BF	تمرین	۳۱/۹±۱۲/۳	۲۹/۴±۰۲/۲	۵/۸۴	۰/۰۰۱ ^Λ	۱۸/۹۸۴	۰/۰۰۱*	۰/۵۳	۶/۷
	کنترل	۳۱/۴±۸/۲۲	۳۱/۵±۶/۱۷	۱/۱۰	۰/۳۸۱				

Λ: تفاوت‌های معنادار از پیش‌آزمون به پس‌آزمون؛ #: تفاوت معنادار بین دو گروه. BMI= شاخص توده بدن، $Vo2max$ = حداکثر اکسیژن مصرفی

همان‌طور که جدول ۳ نشان می‌دهد، در گروه تمرین میانگین وزن، BMI و %BF از پیش‌آزمون به پس‌آزمون به ترتیب به میزان ۳/۷۳ کیلوگرم، ۱/۷۳ kg/m² و ۲/۱ درصد کاهش یافته است. علاوه بر این، این جدول نشان می‌دهد تمرین اسپینینگ سبب کاهش معنادار وزن، BMI و %BF در نوجوانان دارای اضافه وزن شده است ($P=0/001$). همچنین بین دو گروه با اندازه اثر ۰/۶۴ در وزن ($F=40/02, P=0/001$)، اندازه اثر ۰/۵۸ در میزان BMI ($F=27/84, P=0/001$) و اندازه اثر ۰/۵۳ در میزان %BF ($F=18/984, P=0/001$) نوجوانان دارای اضافه وزن تفاوت معناداری وجود دارد.

جدول ۴. نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی برای مقایسه ترکیب بدن (وزن، BMI و %BF) گروه‌ها

متغیر	گروه	گروه	اختلاف میانگین	سطح معناداری
وزن (kg)	تمرین	کنترل	۲/۰۳	۰/۰۰۱*
	کنترل	تمرین	۱/۱۶	۰/۰۰۱*
BMI (kg/m ²)	تمرین	کنترل	۲/۵۸	۰/۰۰۱*
	کنترل	تمرین		
%BF	تمرین	کنترل		
	کنترل			

* تفاوت معنادار بین دو گروه؛ BMI = شاخص توده بدن، %BF = درصد چربی

نتایج آزمون تعقیبی نشان داد که پس از ۱۰ هفته تمرین اسپینینگ؛ وزن، BMI و %BF گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل کاهش معناداری یافت (P=۰/۰۰۱).

جدول ۵. تغییرات بین گروهی و درون گروهی حداکثر اکسیژن مصرفی و مقادیر هورمون گرلین

متغیر	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	تفاوت‌های درون گروهی		تفاوت‌های بین گروهی (آزمون کوواریانس)			
				t	p	F	P	اندازه اثر	درصد تغییرات
Vo2max (ml/kg/min)	تمرین	۳۵/۱۲ ± ۲/۶۷	۳۸/۸۲ ± ۱/۹۱	۳/۴۸	۰/۰۰۱*	۱۵/۵۳	۰/۰۰۱*	۰/۴۲	۱۰/۵۳
	کنترل	۳۴/۹۸ ± ۱/۱۲	۳۵/۰۲ ± ۲/۴	۲/۱۱	۰/۷۰				
هورمون گرلین (pg/ml)	تمرین	۲۳۱/۰ ± ۸۲/۵۴	۲۵۶/۱ ± ۵۴/۰۱	-۵/۱۸	۰/۰۰۲*	۳۴/۵۲	۰/۰۰۱*	۰/۴۹	۱۰/۶۶
	کنترل	۲۳۵/۰ ± ۶۵/۸۷	۲۳۶/۰ ± ۴۹/۶۱	۰/۲۸	۰/۴۹				

* تفاوت‌های معنادار از پیش‌آزمون به پس‌آزمون؛ * تفاوت معنادار بین دو گروه؛ Vo2max = حداکثر اکسیژن مصرفی

جدول ۵ نشان می‌دهد میزان Vo2max در گروه تمرین از پیش‌آزمون (۳۵/۱۲) به پس‌آزمون (۳۸/۸۲) به میزان ۳/۷ ml/kg/min افزایش معناداری یافته است (P=۰/۰۰۱)، ولی تفاوت معناداری بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه کنترل مشاهده نمی‌شود. علاوه بر این، بین دو گروه (تمرین و کنترل) با اندازه اثر ۰/۴۲ (F=۱۵/۵۳، P=۰/۰۰۱)، در میزان Vo2max تفاوت معناداری وجود دارد. افزون بر این، مقادیر گرلین در گروه تمرین از پیش‌آزمون (۲۳۱/۸۲) به پس‌آزمون (۲۵۶/۵۴) به میزان ۲۴/۷۲ pg/ml افزایش معناداری یافته است (P=۰/۰۰۱)، ولی تفاوت معناداری بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه کنترل مشاهده نمی‌شود. همچنین بین دو گروه (تمرین و کنترل) با اندازه اثر ۰/۴۹ (F=۱۵/۵۳، P=۰/۰۰۱)، در مقادیر گرلین تفاوت معناداری وجود دارد.

جدول ۶. نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی برای مقایسه حداکثر اکسیژن مصرفی و مقادیر هورمون گرلین گروه‌ها

متغیر	گروه	گروه	اختلاف میانگین	سطح معناداری
Vo2max (ml/kg/min)	تمرین	کنترل	۳/۰۸	۰/۰۰۱*
	کنترل	تمرین		
هورمون گرلین (pg/ml)	تمرین	کنترل	۲۰/۰۵	۰/۰۰۱*
	کنترل	تمرین		

* تفاوت معنادار بین دو گروه؛ Vo2max = حداکثر اکسیژن مصرفی

نتایج آزمون تعقیبی نشان داد که پس از ۱۰ هفته تمرین اسپینینگ حداکثر اکسیژن مصرفی و مقادیر هورمون گرلین گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل افزایش معناداری یافت ($P=0/001$).

بحث

تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر ۱۰ هفته تمرین اسپینینگ بر ترکیب بدنی، $Vo2max$ و مقادیر هورمون گرلین در نوجوانان دارای اضافه وزن انجام گرفت. نتایج نشان داد که تمرین اسپینینگ سبب کاهش معنادار وزن، درصد چربی و شاخص BMI و افزایش معنادار $Vo2max$ و مقادیر هورمون گرلین نوجوانان دارای اضافه وزن می‌شود. در خصوص تغییر در ترکیب بدنی، میزان پایه وزن، درصد چربی و شاخص BMI به ترتیب ۶۵/۴۰ کیلوگرم، ۳۱/۱۲ درصد و ۲۶/۶۹ کیلوگرم بر مترمربع بود که پس از تمرین به ۶۱/۶۷ کیلوگرم، ۲۹/۰۲ درصد و ۲۵/۰۲ کیلوگرم بر مترمربع کاهش یافت. این تغییرات کاهش ۵/۵ درصدی در وزن بدن، کاهش ۶/۷ درصدی در چربی بدن و کاهش ۶ درصدی BMI را نشان می‌دهد. همسو با این نتایج، خدادادی^۱ و همکاران (۲۰۲۳) در یک مطالعه فراتحلیلی، تغییرات ترکیب بدن، از جمله توده چربی (FM)، درصد چربی بدن (BF%) و توده بدون چربی (FFM) را بین انواع برنامه‌های تمرینی اینتروال شدید (HIIT) (دوچرخه‌سواری، دویدن روی زمین و دویدن روی تردمیل) مقایسه کردند. یافته‌های این تحقیق نشان داد که همه روش‌های HIIT کاهش زیادی در FM ایجاد کرد. با این حال، هیچ تغییری با دویدن روی تردمیل در FM وجود نداشت. کاهش معناداری در BF٪ با همه روش‌های ترکیبی HIIT در مقایسه با کنترل وجود داشت [۲۰].

بلیچا^۲ و همکاران (۲۰۲۱) هم در مطالعه‌ای نظام‌مند و فراتحلیلی با هدف جمع‌بندی آثار برنامه‌های تمرینی بر کاهش وزن، تغییرات ترکیب بدن و حفظ وزن در افراد دارای اضافه وزن یا چاق، مقالات منتشر شده بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ را بررسی کردند. یافته‌های این تحقیق نشان داد که تمرین ورزشی به کاهش وزن چشمگیر، کاهش چربی و کاهش چربی احشایی منجر می‌شود. علاوه بر این نتایج نشان داد، تا زمانی که مصرف انرژی برابر باشد، تفاوتی در تغییر این شاخص‌ها بین تمرینات تناوبی هوازی و تناوبی با شدت بالا وجود ندارد [۲۱]. موافق با این یافته‌ها، چاوارایاز^۳ و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله‌ای سیستماتیک مطالعات منتشر شده در مورد مزایای تمرین دوچرخه‌سواری داخل سالن را بررسی کردند. نتایج نشان داد که دوچرخه‌سواری در داخل سالن می‌تواند ظرفیت هوازی، فشار خون، پروفایل چربی و ترکیب بدن را بهبود بخشد [۲۲]. علاوه بر این، یون^۴ و همکاران (۲۰۱۷) هم نشان دادند، تمرینات اسپینینگ و دوچرخه ثابت به تغییرات مثبتی در متغیرهای خونی از جمله کلسترول، لیپوپروتئین، ترکیب بدنی و آمادگی جسمانی منجر می‌شود، ضمن اینکه تمرینات اسپینینگ تأثیر بیشتری نسبت به تمرینات دوچرخه ثابت داشتند [۱۸]. در تحقیقی دیگر، صفربور و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی اثر ۶ هفته تمرینات اسپینینگ و دوچرخه ثابت بر سطوح سرمی CTRP-3 و درصد چربی بدن زنان چاق و دارای اضافه وزن پرداختند. این محققان گزارش کردند، درصد چربی بدن در گروه اسپینینگ به میزان ۶ درصد و در گروه دوچرخه ثابت به میزان ۴ درصد، کاهش معنادار یافت. این تحقیق نشان داد که تمرینات اسپینینگ و دوچرخه ثابت، به واسطه افزایش مارکر ضدالتهابی CTRP-3 که در متابولیسم بدن، کبد و بافت چربی نقش دارد، می‌توانند در بهبود ترکیب بدن مؤثر باشند [۶]. حاجی‌نیا و همکاران (۱۳۹۹) هم گزارش کردند وزن و درصد چربی بدن، به دنبال تمرین تناوبی و مقاومتی با شدت بالا کاهش می‌یابد [۲۳]. کایا^۵ و همکاران (۲۰۱۴) نیز در مطالعه‌ای تأثیر ۶ هفته تمرین دوچرخه اسپینینگ بر ترکیب بدن زنان را بررسی کردند. این تحقیق گزارش کرد که در پایان ۶ هفته تمرینات اسپینینگ، تغییرات مثبتی در بسیاری از پارامترهای مربوط با ترکیب بدن مشاهده شد، به طوری که افرادی که دارای اضافه وزن بودند، وارد دسته وزن طبیعی و افراد چاق به رده اضافه وزن رسیدند [۲۴]. با وجود این کاربای^۶ و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی با هدف ارزیابی چندین متغیر متابولیکی و قلبی عروقی طی یک برنامه استاندارد ۵۰ دقیقه‌ای اسپینینگ، گزارش کردند که این نوع فعالیت تناسب اندام تأثیر زیادی بر عملکرد قلب و عروق دارد، ولی برای افراد ناآماده یا کم‌تحرک، به‌ویژه افراد میانسال یا مسن که مایل به شروع یک برنامه فعالیت بدنی تفریحی‌اند، مناسب نیست [۲۵].

1. Khodadadi

3. Chavarrias

5. Kaya

2. Bellicha

4. Yoon

6. Caria

کاهش وزن، درصد چربی و شاخص BMI متعاقب با تمرین اسپینینگ، احتمالاً با چندین مکانیسم ممکن مرتبط است. تمرین ورزشی از جمله تمرینات هوازی با شدت متوسط در افراد دارای اضافه وزن یا چاق، عملکرد میتوکندری، حجم میتوکندری، گردش پروتئین (به دلیل بازسازی پروتئین‌های تخریب‌شده و سنتز پروتئین‌های عملکردی جدید)، تغییرات آنزیم‌های متابولیک عضلات اسکلتی، نسبت شبکه مویرگی به تارهای عضلانی و حساسیت به انسولین را افزایش می‌دهد. افزون بر این تمرین ورزشی بیان mRNA کاتابولیک، تغییرات قلبی و تغییرات شریانی را کاهش می‌دهد که به بهبود سلامت قلب و عروق منجر می‌شود [۲۶]. افزون بر این، تمرینات اسپینینگ، به دلیل هزینه انرژی بالا و در نتیجه فعال شدن مسیر سیگنالی AMPK که اکسیداسیون چربی را زیاد می‌کند، می‌تواند موجب کاهش درصد چربی بدن شود [۲۷]. سازوکار مهم دیگر در کاهش چربی بدن متعاقب تمرینات ورزشی مانند اسپینینگ، افزایش تولید PGC-1 α است که عامل مهمی در کنترل متابولیسم و افزایش اکسیداسیون چربی است و از چاقی و اضافه وزن جلوگیری می‌کند [۲۸]. از طرف دیگر، تمرینات اسپینینگ به صورت موزیکال است و هیجان و اجرای دسته‌جمعی انگیزه بیشتری را در افراد برای تداوم تمرینات از طریق بالا بردن آستانه لاکتات و کاهش خستگی ایجاد می‌کند و می‌تواند روشی مناسب برای بهبود ترکیب بدنی و سازگاری‌های ناشی از آن باشد [۲۹].

دیگر نتایج تحقیق حاضر، افزایش معنادار Vo2max را در گروه تمرین اسپینینگ نشان داد، به طوری که میزان پایه این شاخص ۳۵/۱۲ میلی‌لیتر کیلوگرم در دقیقه بود که پس از تمرین به ۳۸/۸۲ افزایش یافت. این تغییرات افزایش ۱۰/۵ درصدی در Vo2max را نشان می‌دهد. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که متعاقب با تمرینات منظم ورزشی، به‌ویژه تمرینات هوازی، Vo2max افزایش می‌یابد [۳۰، ۳۱]. برای مثال پاهو^۱ و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای با هدف بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین تناوبی شدید بر شاخص‌های فیزیولوژیک و حداکثر اکسیژن مصرفی در پسران چاق و دارای اضافه وزن، نتیجه‌گیری کردند که تمرین تناوبی شدید سبب افزایش چشمگیر میزان Vo2max می‌شود [۳۲]. در تحقیق ابراهیم و همکاران (۱۳۹۱) با هدف تأثیر تمرین استقامتی بر حداکثر اکسیژن مصرفی (VO2max) مردان غیرفعال نیز گزارش شد که تمرین استقامتی بر افزایش VO2max افراد غیرفعال تأثیر معناداری دارد [۳۳]. در تحقیقی دیگر، تأثیر تمرین ورزشی بر VO2max از دیدگاه مطالعات مختلف در یک پژوهش نظام‌مند و فراتحلیل ارزیابی شد. تمام مطالعات مورد بررسی با وجود تفاوت‌هایی در روش‌شناسی، نوع و شدت تمرین، آزمودنی‌ها و روش‌های ارزیابی نشان دادند که تمرین ورزشی VO2max را در تمام شدت‌های تمرینی افزایش می‌دهد [۳۴].

سازوکارهای متفاوتی در افزایش VO2max به دنبال تمرینات اسپینینگ درگیرند. ذخایر سوختی درون سلولی (فسفوکرآتین، گلیکوژن و تری‌گلیسیرید درون عضلانی) از مهم‌ترین سوبستراهای سیستم‌های تولید انرژی در عضلات اسکلتی‌اند. مطالعات نشان داده‌اند استفاده از پروتکل‌های تمرینی مناسب به‌ویژه تمرینات هوازی شدید (مانند تمرینات اسپینینگ) می‌تواند افزایش ذخایر انرژی درون سلولی را به همراه داشته باشد و بر VO2max تأثیر بگذارد. همچنین عوامل قلبی-عروقی مانند حجم پلاسما، غلظت هموگلوبین، برون‌ده قلبی و دیگر شاخص‌های قلبی-عروقی مؤثر بر عملکرد هوازی، متعاقب با تمرینات اسپینینگ بهبود می‌یابند و در نتیجه این تغییرات همودینامیکی، شبکه خون‌رسانی عضلات فعال، اکسیژن و مواد مغذی ضروری تأمین خواهد شد. ضمن اینکه افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسایشی ناشی از تمرینات منظم ورزشی می‌توانند، واکنش‌های سوخت‌وسازی و فرایند تولید انرژی در سلول‌ها را تسریع کنند. فعالیت بیشتر این آنزیم‌ها، فرایند فسفوریلاسیون اکسایشی و روند تولید انرژی درون سلولی را تسریع و تسهیل می‌کند و در نهایت سبب بهبود VO2max خواهد شد [۲۳]. اضافه‌بر این، فعالیت ورزشی به‌عنوان یک محرک خارجی که ارگانیسم را تحت فشار قرار می‌دهد، سبب تحریک مسیرهای پیام‌رسانی درون سلولی برای افزایش بیوژنز میتوکندریایی می‌شود. مسیر پیام‌رسانی AMPK/PGC-1 α یکی از مهم‌ترین مسیرهای پیام‌رسانی افزایش بیان ژن‌های بیوژنز میتوکندریایی است که در پاسخ به تمرین ورزشی هوازی و تناوبی با شدت بالا، دچار تنظیم افزایشی می‌شود. تراکم میتوکندریایی بیشتر و فعالیت زیاد آنزیم‌های میتوکندریایی می‌تواند در سوخت‌وساز بهتر چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها شرکت کند و فرایند بازسازی و تولید ATP از راه فسفوریلاسیون اکسایشی را بهبود بخشد. نتیجه این سازگاری‌ها، ذخایر میتوکندریایی بیشتر همواره با بهبود

^۱. Paaho

VO_{2max} خواهد بود [۳۵]. البته میزان افزایش در مقادیر حداکثر اکسیژن مصرفی به دنبال تمرینات مختلف به شدت، مدت، وهله‌های فعالیت، تکرار، نوع، مدت زمان بازگشت به حالت اولیه، سطح آمادگی اولیه آزمودنی‌ها، ژنتیک، سن و جنس بستگی دارد [۳۸].

علاوه بر این، نتایج تحقیق حاضر، افزایش معنادار مقادیر هورمون گرلین، متعاقب با ۱۰ هفته تمرین اسپینینگ در نوجوانان دارای اضافه وزن را نشان داد. مقادیر پایه این هورمون $231/82$ پیکوگرم در میلی‌لیتر بود که پس از تمرین به $256/54$ (حدود $10/5$ درصد) افزایش یافت. همسو با این یافته‌ها، اوئرگی^۱ و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی نظام‌مند با هدف خلاصه کردن داده‌های موجود در مورد رابطه بین گرلین و تمرین ورزشی، ۸۰ مقاله را بررسی کردند. این پژوهش نشان داد که علی‌رغم ناهمگونی مطالعات و تنوع یافته‌ها، ورزش حاد تولید آسپیل‌گرلین (AG) را بدون توجه به آزمودنی‌ها و ویژگی‌های تمرین، سرکوب می‌کند، ولی برنامه‌های تمرینی طولانی مدت بیشتر سبب افزایش گرلین کل (TG) و دی‌اسپیل‌گرلین (DAG) می‌شود. این افزایش در افراد دارای اضافه وزن و چاق بیشتر محسوس است که احتمالاً به دلیل کاهش وزن ناشی از برنامه تمرینی باشد. با وجود این سازوکارهای دقیق درگیر در این سازوکارها نامشخص هستند. انتظار می‌رود این تغییرات غالب گرلین (کاهش AG و افزایش TG/DAG) خطر متابولیک را کاهش دهد، زیرا دریافت انرژی و تجمع چربی را کاهش می‌دهد [۱۲]. یوسفی‌چرمهینی و همکاران (۲۰۲۰) نیز در پژوهشی با هدف ارزیابی تأثیر تمرینات ترکیبی بر سطوح ابستاتین و گرلین در زنان دارای اضافه وزن، ۳۴ زن دارای اضافه وزن را به صورت تصادفی در دو گروه آزمایش (۱۷ نفر) و کنترل (۱۷ نفر) قرار دادند. گروه آزمایش در یک برنامه تمرینی ترکیبی شامل گرم کردن بدن، تمرین هوازی، تمرین مقاومتی و سرد کردن در هشت هفته شرکت کردند. یافته‌های این تحقیق نشان داد که وزن بدن، شاخص توده بدن و نسبت گرلین به ابستاتین بین گروه آزمایش و کنترل پس از هشت هفته تمرین ترکیبی تفاوت معناداری داشت [۳۶]. در همین زمینه در تحقیق مانی^۲ و همکاران (۲۰۱۸)، نقش هورمون گرلین و گیرنده آن در تعدیل آثار ورزش بر دریافت غذا، گلوکز خون و تنظیم ظرفیت استقامتی ورزش به دنبال فعالیت بدنی بررسی شد. بدین منظور از دو روش تمرینی دویدن موش‌ها روی تردمیل برای توصیف تغییرات گرلین پلازما استفاده شد. نتایج نشان داد که یک مرحله حاد تمرین سبب افزایش موقت آسپیل‌گرلین پلازما می‌شود. افزایش گرلین پلازما با ظرفیت استقامت همبستگی مثبت داشت. بنابراین، سیستم گرلین درون‌زا برای افزایش استقامت در ورزش و برای پاسخ معمول دریافت غذا به ورزش ضروری است. گرلین بر تأثیر متابولیک ورزش با تعدیل مصرف غذا مؤثر است [۳۷]. یو^۳ و همکاران (۲۰۱۸) هم در تحقیقی با بررسی تأثیر یک سال فعالیت یوگا بر گرلین نشان دادند که تمرین یوگا به‌طور چشمگیری، میزان GH و گرلین کل پلازما را افزایش می‌دهد. این محققان گزارش کردند، یک سال تمرین یوگا سبب تعدیل گرلین تام، گرلین آسپیل‌دار، گرلین بدون آسپیل، ابستاتین و GH شد و در عین حال آثار مفیدی بر عملکردهای فیزیکی و چاقی مرکزی در بزرگسالان مبتلا به سندروم متابولیک داشت [۳۸]. در تحقیقی دیگر، برای تعیین اثر ۱۲ هفته تمرین موازی مقاومتی-استقامتی بر سطح سرمی هورمون‌های گرلین آسپیل‌دار، انسولین و رشد مردان چاق، گزارش شد که ۱۲ هفته تمرین موازی مقاومتی-استقامتی موجب افزایش گرلین آسپیل‌دار در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل شد، درحالی‌که این تغییرات پس از اجرای شش هفته برنامه تمرینی معنادار نبود [۱۳].

در تحقیقات مذکور، تأثیر تمرینات ورزشی بر گرلین پلازما در انسان با استفاده از رژیم‌های ورزشی مانند دویدن روی تردمیل، دوچرخه‌سواری و دویدن و همچنین در چند تحقیق روی مدل‌های حیوانی بررسی شده است. درحالی‌که بعضی از این تحقیقات افزایش گرلین پلازما را به دنبال ورزش نشان دادند، ولی برخی نیز کاهش و برخی تغییراتی را در گرلین پلازما مشاهده نکردند. دامنه وسیع تغییرات گرلین پلازما می‌تواند به دلیل تفاوت در نوع، شدت و مدت تمرین، پروفایل متابولیک، سن افراد مورد بررسی، و روش خون‌گیری و بررسی آن باشد. با وجود این تنوع بالای مطالعات از نظر شرکت‌کنندگان و ویژگی‌های تمرین، و ایزوفرم‌های گرلین به نتایج متناقضی منجر می‌شود که نتیجه‌گیری قطعی را دشوار و چالش‌برانگیز می‌کند.

¹. Ouerghi

². Mani

³. Yu

در تحقیق حاضر، افزایش گرلین پلازما ناشی از تمرینات اسپینینگ مشاهده شد. این افزایش به دنبال یک برنامه تمرینی نسبتاً طولانی مدت همراه با کاهش وزن در نوجوانان دارای اضافه وزن اتفاق افتاد و تغییرات بالقوه مفید گرلین را نشان داد. گزارش شده است که سازوکارهای حفظ کاهش وزن بدن ناشی از تمرین را می توان به افزایش سطح گرلین تام نسبت داد [۳۹]. سازوکارهایی که توسط آن کاهش وزن سبب افزایش گرلین می شود، هنوز به طور کامل شناخته نشده است، اما تصور می شود که تعادل انرژی مثبت توسط چند مکانیسم تحریک می شود؛ یکی از این مکانیسم ها، تأثیر آنابولیک ناشی از افزایش تولید GH و فاکتور رشد شبه انسولین-۱ (IGF-1) است و دیگر مکانیسم، تحریک مصرف طولانی مدت غذا از طریق نوروپپتید Y (NPY) است [۴۰]. افزایش ترشح گرلین به منظور حفظ هموستاز انرژی، حتی در شرایط محدودیت انرژی دریافتی موجب افزایش گلوکز خون و در عین حال مانع از ترشح انسولین می شود که این مکانیسمی در جهت تولید سریع انرژی مورد نیاز بدن است [۴۱]. همچنین گرلین در شرایط کمبود انرژی افزایش می یابد تا خوردن غذا را تحریک و کمبود انرژی را جبران و تعادل انرژی را برقرار کند. گرلین احتمالاً، پاسخ های GH نسبت به تمرین و ریکاوری تحت تأثیر قرار می دهد و به طور مشابه GH نیز سطوح گرلین را از طریق بازخورد منفی تغییر می دهد. تعادل منفی انرژی ناشی از تمرین بسته به شدت و مدت ورزش تغییر می کند و به طور چشمگیری بر اشتها، رفتار غذا خوردن و دریافت غذا تأثیر می گذارد. همچنین نشان داده شده است که گرلین هم مانند تمرین تعادل انرژی را متأثر می سازد. ضمن اینکه تمرین سبب مصرف کالریکی می شود که می تواند سیگنال هایی را برای سلول های تولیدکننده گرلین در معده ایجاد کند و تنظیم اشتها و GH را تحت تأثیر قرار دهد. تاجیری (۲۰۱۷) ارتباط بین فعالیت ورزشی و گرلین را ضروری و عمیق و مانند حلقه های بهم متصل می داند، زیرا تمرین ورزشی داوطلبانه ترشح دوپامین را افزایش می دهد و از این طریق، بین ورزش و سیستم عصبی مرکزی ارتباط برقرار می شود. پیام های گرلین به قسمت میانی مغزی ارسال و چرخه پاداش را فعال می کند و سبب تداوم فعالیت ورزشی می شود. از این رو هیپوتالاموس که هموستاز انرژی را فراهم می کند، سیگنال های وضعیت انرژی عصبی، هورمونی و مواد مغذی را با تنظیم انرژی دریافتی و مصرف انرژی ترکیب می کند و در نتیجه به نظر می رسد، گرلین به عنوان یک مکمل مناسب در درمان اضافه وزن و چاقی تأثیرگذار است [۴۲].

در مجموع، به نظر می رسد که تمرینات ورزشی (به ویژه تمرینات طولانی مدت یا شدید) بر هورمون گرلین اثرگذارند. تولید گرلین ناشی از ورزش ممکن است برای حمایت از درمان چاقی یا اختلال در متابولیسم گلوکز استفاده شود. از این رو گرلین می تواند به ارائه رویکردهای جدیدی برای بیماری های ناشی از اختلال در تعادل انرژی کمک کند. آگاهی در مورد رابطه بین ورزش و اشتها هم برای ورزشکاران و هم برای افرادی که علاقه مند به حفظ وزن مناسب اند، اهمیت دارد.

محدودیت های پژوهشی

در این تحقیق، اگرچه به آزمودنی ها اکیداً توصیه شد که رژیم غذایی معمول خود را حفظ کنند و فعالیت بدنی خارج از برنامه تحقیق نداشته باشند، محقق کنترل دقیقی بر این موارد نداشت. همچنین کنترل دقیق وضعیت خواب و استراحت آزمودنی ها برای پژوهشگران میسر نبود. ضمن اینکه این تحقیق روی نوجوانان پسر دچار اضافه وزن انجام گرفت، بنابراین در تعمیم نتایج آن به جنسیت و شرایط دیگر باید احتیاط کرد. مدت اجرای این تحقیق ۱۰ هفته بود، شاید دوره های طولانی تر آثار بارزتری داشته باشند.

نتیجه گیری

به طور خلاصه، نتایج تحقیق حاضر آثار سودمند تأثیر تمرین اسپینینگ به مدت ۱۰ هفته بر ترکیب بدن، VO₂max و مقادیر هورمون گرلین نوجوانان دارای اضافه وزن را نشان داد. از این رو استفاده از این راهبرد تمرینی با هدف افزایش مصرف انرژی و اکسیداسیون چربی و

¹. Tajiri

بهبود $VO_2\max$ به عنوان یک روش پیشگیری و درمانی مناسب در بروز اضافه وزن و چاقی و عوارض ناشی از آنها به نوجوانان دارای اضافه وزن و همه کسانی که به دنبال سبک زندگی سالم هستند، توصیه می شود.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از آزمودنی های شرکت کننده در این تحقیق که با ما همکاری کردند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

References

- [1] Gallo Marin B, Aghagoli G, Lavine K, Yang L, Siff EJ, Chiang SS, et al. Predictors of COVID-19 severity: A literature review. *Reviews in Medical Virology*. 2021; 31(1):1-10. [doi:10.1002/rmv.2146] [PMID] [PMCID]
- [2] Utkirzhonovna N. Prevalence of the main risk factors for overweight and obesity in young people. *Res J Trauma Disabil Stud*. 2022;1:14–25. <http://journals.academiczone.net/index.php/rjtds/article/view/52>
- [3] Jebeile H, Kelly AS, O'Malley G, Baur LA. Obesity in children and adolescents: epidemiology, causes, assessment, and management. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2022;10:351–65. doi: 10.1016/S2213-8587(22)00047-X.
- [4] Liu G, Guo J, Zhang X, Lu Y, Miao J, Xue H. Obesity is a risk factor for central precocious puberty: a case-control study. *BMC Pediatr*. 2021;21:509. doi: 10.1186/s12887-021-02936-1.
- [5] Kang J, Chaloupka EC, Mastrangelo MA, Hoffman JR, Ratamess NA, O'Connor E. Metabolic and perceptual responses during Spinning cycle exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37(5):853-9. doi: 10.1249/01.mss.0000161826.28186.76
- [6] Safarpour Z, Nayebifar S, Nikoofar M. Effect of 6 weeks of spinning and stationary bicycle training on serum levels of CTRP3 and PBF in overweight and obese women. *Feyz*. 2020; 24 (6):639-648. <http://feyz.kaums.ac.ir/article-1-4178-en.html> [in Persian].
- [7] Mabhout Moghadam T, Mosaferi Ziaaldini M, Fathi M, Attarzadeh Hoseini S. R. Review the effect of high intensity interval training on obesity- Related Hormones. *Researches in Sport Sciences and Medical Plants*. 2020; 1(1): 1-18. doi:10.30495/varzesh.2020.677981 [in Persian].
- [8] Zhang H, Tong TK, Qiu W, Wang J, Nie J, He Y. Effect of high intensity interval training protocol on abdominal fat reduction in overweight chinese women. *Kinesiology*. 2015;47(1):57-66. UDC: 796.015.542:613.25-055.2(510)
- [9] Jakicic JM, Powell KE, Campbell WW, Dipietro L, Pate RR, Pescatello LS, Collins KA, Bloodgood B, Piercy KL; 2018 PHYSICAL ACTIVITY GUIDELINES ADVISORY COMMITTEE*. Physical Activity and the Prevention of Weight Gain in Adults: A Systematic Review. *Med Sci Sports Exerc*. 2019;51(6):1262-1269. doi: 10.1249/MSS.0000000000001938
- [10] Sartor F, Vernillo G, de Morree HM, Bonomi AG, La Torre A, Kubis HP, Veicsteinas A. Estimation of maximal oxygen uptake via submaximal exercise testing in sports, clinical, and home settings. *Sports Med*. 2013;43(9):865-73. doi: 10.1007/s40279-013-0068-3
- [11] Broom DR, Stensel DJ, Bishop NC, Burns SF, Miyashita M. Exercise-induced suppression of acylated ghrelin in humans. *J Appl Physiol* (1985). 2007;102(6):2165-71. doi: 10.1152/jappphysiol.00759.2006. Epub. 2007 Mar 8. PMID: 17347386.
- [12] Ouerghi N, Feki M, Bragazzi NL, Knechtel B, Hill L, Nikolaidis PT, Bouassida A. Ghrelin Response to Acute and Chronic Exercise: Insights and Implications from a Systematic Review of the Literature. *Sports Med*. 2021 Nov;51(11):2389-2410. doi: 10.1007/s40279-021-01518-6. Epub 2021 Aug 10. PMID: 34374968; PMCID: PMC8514378.
- [13] Kim HJ, Lee S, Kim TW, Kim HH, Jeon TY, Yoon YS, et al. Effects of exercise-induced weight loss on acylated and unacylated ghrelin in overweight children. 2008;68(3):416-22. doi: 10.1111/j.1365-2265.2007.03058.x
- [14] Faul F, Erdfelder E, Lang A-G, Buchner A. G* Power 3: A Flexible statistical power analysis program for the social, Behavioral, And Biomedical Sciences. *Behav. Res. Methods*. 2007; 39(2): 175-191. doi: 10.3758/bf03193146
- [15] Koozehchian MS, Nazem F, Kreider RB, Roberts WJ, Best TM, Rong Y, et al .The role of exercise training on lipoprotein profiles in adolescent males. *Lipids in health and disease* 2014;13(1):95. doi: 10.1186/1476-511X-13-95

- [16] Bangsbo J, Laia F.M, Krstrup P. The Yo-Yo intermittent recovery test. *Sports Medicine* 2008; 38(1), 37-51. doi: 10.2165/00007256-200838010-00004
- [17] Hornberg K, Angstrom L, Wallberg-Jonsson S. Benefits of spinning exercise on cardiovascular risk factors in rheumatoid arthritis: a pilot study. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal*. 2014; doi: 10.1097/01823246-201409000-00002
- [18] Yoon J-G, Kim S-H, Rhyu H-S. Effects of 16-week spinning and bicycle exercise on body composition, physical fitness and blood variables of middle school students. *Journal of exercise rehabilitation*. 2017;13(4):40. doi: 10.12965/jer.1735052.526
- [19] Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(7):1334-59. doi: 10.1249/MSS.0b013e318213febf.
- [20] Khodadadi F, Bagheri R, Negaresh R, Moradi S, Nordvall M, Camera DM, Wong A, Suzuki K. The Effect of high-intensity interval training type on body fat percentage, fat and fat-free mass: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials. *Journal of Clinical Medicine*. 2023; 12(6):2291. doi: 10.3390/jcm12062291
- [21] Bellicha A, van Baak MA, Battista F, Beaulieu K, Blundell JE, Busetto L, et al. Effect of exercise training on weight loss, body composition changes, and weight maintenance in adults with overweight or obesity: An overview of 12 systematic reviews and 149 studies. *Obes Rev*. 2021;22 Suppl 4(Suppl 4):e13256. doi: 10.1111/obr.13256
- [22] Chavarrias M, Carlos-Vivas J, Collado-Mateo D, Pérez-Gómez J. Health Benefits of Indoor Cycling: A Systematic Review. *Medicina (Kaunas)*. 2019;55(8):452. doi: 10.3390/medicina55080452.
- [23] Hajinia M, Haghigi A, Askari R. The effect of high-intensity interval training and high-intensity resistance training on the lipid profile and body composition in overweight and obese men. *Journal title*. 2020; 8 (3) :61-74. <http://jms.thums.ac.ir/article-1-849-en.html>
- [24] Kaya F, Nar D, Erzeybek MS. Effect of spinning cycling training on body composition in women. *Educ Train Educ Train*. 2018;6(4):154. /doi.org/10.11114/jets.v6i4.3028
- [25] Caria MA, Tangianu F, Concu A, Crisafulli A, Mameli O. Quantification of Spinning bike performance during a standard 50-minute class. *J Sports Sci*. 2007;25(4):421-9. doi: 10.1080/02640410600718533
- [26] Nolan CJ, Larter CZ. Lipotoxicity: why do saturated fatty acids cause and monounsaturates protect against it? *J Gastroenterol Hepato*. 2009; 24(5):703-706. doi: 10.1111/j.1440-1746.2009.05823.x
- [27] Wedell Neergaard AS, Lehrskov LL, Christensen RH, Legaard GE, Dorph E, Larsen MK, et al. Exercise-induced changes in visceral adipose tissue mass are regulated by IL-6 signaling: A randomized controlled trial. *Cell Metabolism*. 2019; 29(4): 844-55. doi: 10.1016/j.cmet.2018.12.007.
- [28] Afzalpour ME, Ghasemi E, Zarban A. Effects of 10 weeks of high intensity interval training and Green tea supplementation on serum levels of Sirtuin-1 and peroxisome proliferator-activated receptor gamma co-activator 1-alpha in overweight women. *Science and Sports*. 2017; 32(2): 82-90. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2016.09.004>
- [29] De Melo Dos Santos R, E Costa FC, Saraiva TS, Callegari B. Muscle fatigue in participants of indoor cycling. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*. 2017; 7(1): 173-9. doi: 10.11138/mltj/2017.7.1.173
- [30] Gao J, Yu L. Effects of concurrent training sequence on VO₂max and lower limb strength performance: A systematic review and meta-analysis. *Front Physiol*. 2023;14:1072679. doi: 10.3389/fphys.2023.1072679
- [31] Mohajan D, Mohajan H. Long-Term regular exercise increases VO₂max for cardiorespiratory fitness. Published in: *Innovation in Science and Technology*. 2023; (2)2: 38-43. doi:10.56397/IST.2023.03.07
- [32] Paaho A, Tadibi V, Behpour N. The effect of 12 weeks of intense interval training on the levels of total cholesterol, triglyceride, high and low density lipoprotein, testosterone to cortisol ratio, maximal oxygen consumption and body composition in obese and overweight boys. *Research in sports biology*. 2014; 18(17): 85-103. (In Persian)
- [33] Ebrahim K, Ahmadi zadeh S, Ghanimati R, Bagheri A, Sheykhi S, Ghanimati M. The effect of endurance training and garlic supplementation on VO₂max in non- active men. *Applied Research in Sport Management*. 2012; 1(2): 11-18. doi: 20.1001.1.23455551.1391.1.2.1.0 (In Persian)
- [34] Emmet C, Cormac P, Brian P, Robert W. The effect of exercise training intensity on VO₂max in healthy adults: An overview of systematic reviews and meta-analyses". *Translational Sports Medicine*. 2022; 1-10. doi.org/10.1155/2022/9310710
- [35] Sindall P. Physiological determinants of endurance performance: maximal oxygen uptake (VO₂max). A

- Comprehensive Guide to Sports Physiology and Injury Management: an interdisciplinary approach. 2020: p. 137. doi:10.1016/B978-0-7020-7489-9.00012-0
- [36] Yosefi Chermahini Z, Taghian F, Hedayati M. Effects of Combined Training on the Levels of Obestatin, Ghrelin, and Insulin Resistance in Overweight Women. *Journal of Research & Health*. 2020; 10(5):287-294. <http://dx.doi.org/10.32598/JRH.10.5.552.3>. doi:10.32598/JRH.10.5.552.3
- [37] Mani BK, Castorena CM, Osborne-Lawrence S, Vijayaraghavan P, Metzger NP, Elmquist JK, Zigman JM. Ghrelin mediates exercise endurance and the feeding response post-exercise. *Mol Metab*. 2018;9:114-130. doi: 10.1016/j.molmet.2018.01.006:
- [38] Yu AP, Ugwu FN, Tam BT, Lee PH, Lai CW, Wong CSC, Lam WW, Sheridan S, Siu PM. One year of yoga training alters ghrelin axis in centrally obese adults with metabolic syndrome. *Front Physiol*. 2018 Sep 20;9:1321. doi: 10.3389/fphys.2018.01321.
- [39] Akbarpour M. The effect of parallel training on the levels of ghrelin, insulin and growth hormones in obese men. *Journal of Physiology of Sports and Physical Activity*. 2011; 4(2): 4(1):28-20. https://joepa.sbu.ac.ir/article_98618_8dae2eb7b58aed10f8329d70fee47154(In Persian)
- [40] Algul S, Ilcin S, Ozcelik O. Effects of excercise on ghrelin. *Progr Nutr [Internet]*. 2021; 23(3):e2021114.1-11. doi <https://doi.org/10.23751/pn.v23i3.10742>
- [41] Murawska-Cialowicz E, Wierzbicka-Damska I, Bakonska-Pacon E, Kalwa M, Dziegiel P. Impact of nine month health training and a single exercise on changes in ghrelin, leptin and free fatty acids levels in women's blood. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*. 2015;3(1). Pobierz
- [42] Tajiri Y. Ghrelin and exercise: a possible virtuous circle. *Diabetology International*. 2017;8(4):347-9. doi: 10.1007/s13340-017-0334-y