

## Comparison of the Effects of High-Intensity Interval Games and High-Intensity Interval Training on Body Composition, Aerobic Power and Lipid Profile in Overweight and Obese Girls Aged 10 To 12 Years

Khadigeh Zamani Jafarkolaei<sup>1</sup>, Mohammadreza Esmaelzadeh Toloee\*<sup>1</sup>

1. Department of Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences, Shomal University, Amol, Mazandaran, Iran

### Abstract

**Background:** This study aimed to compare the effects of high-intensity interval games and high intensity interval training on body composition indicators, aerobic capacity and lipid profiles of obese and overweight girls aged 10 to 12 years.

**Methods:** In this semi-experimental research, 30 girls (average height  $149.26 \pm 5.32$  m, weight  $67.41 \pm 7.65$  kg, and body mass index  $30.14 \pm 2.3$  kg/m<sup>2</sup>) with overweight and obesity participated and were randomly divided into the groups of high intensity interval training (10), high intensity interval game (10) and the control (10). Training programs for eight weeks (3d/w), (90-85% of maximum heart rate) and 3-minute recovery (65-75% of maximum heart rate) with 4 times Repetition was done, which was done in the form of running in high intensity interval training and in the form of playing in high intensity interval game. Blood samples were taken to measure the serum levels of lipid profiles (48 hours before and after the intervention period).

**Results:** The two training groups compared to the control group, increased aerobic capacity and High-density lipoprotein (HDL) and body fat percentage, Triglyceride (TG), Total Cholesterol (TC) and Low-density lipoprotein (LDL) ( $P < 0.010$ ) showed a significant decrease and between the two training groups in TG, LDL and HDL ( $P < 0.01$ ) was a significant difference, with a greater increase in HDL and a greater decrease in TG and LDL was accompanied in the high intensity game group.

**Conclusion:** High intensity interval games can be suggested as a more suitable solution to improve the lipid profile of obese and overweight girls.

**Keywords:** High Intensity Exercises Training, Obesity, Children, lipoprotein, Body Composition

### Please cite this article as:

Zamani Jafarkolaei Kh, Esmaelzadeh Toloee M. In-Vitro Studying Toxicity of Herbal Extracts Mixture in Normal Environment and Protective Effect of Mixtures in High-Glucose Environment. *ijdd*. 2025; 25(4):319-330.

\*Corresponding Author: Mohammadreza Esmaelzadeh Toloee; Email: r.toloee@shomal.ac.ir

Sport Sciences Faculty, Shomal University, Imamzadeh Abdullah intersection, 5th kilometer of Haraz Road, Amol, Mazandaran, Iran. Postal code: 4616184596, Tel: +989111275643



## مقایسه اثر بازی تناوبی شدید و تمرین تناوبی شدید بر نیمرخ چربی، ترکیب بدن و توان هوازی در دختران دارای اضافه وزن و چاقی ۱۰ تا ۱۲ سال

خدیدجه ضامنی جعفرکلانی<sup>۱</sup>، محمدرضا اسماعیل زاده طلوعی<sup>۱\*</sup>

۱- گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شمال، آمل، مازندران، ایران

### چکیده

**مقدمه:** پژوهش حاضر با هدف مقایسه اثر بازی تناوبی شدید و تمرین تناوبی شدید بر شاخص‌های ترکیب بدن، عملکردی و نیمرخ چربی دختران دارای اضافه وزن و چاقی ۱۰ تا ۱۲ صورت گرفت.

**روش‌ها:** در پژوهش نیمه تجربی حاضر، ۳۰ دختر (میانگین قد  $149/26 \pm 5/32$  متر، وزن  $67/41 \pm 7/65$  کیلوگرم و نمایه توده بدنی  $2/3 \pm 30/14$  کیلوگرم بر مجذور متر) دارای اضافه وزن و چاقی به طور تصادفی در گروه‌های تمرین تناوبی شدید (۱۰ نفر)، بازی تناوبی شدید (۱۰ نفر) و کنترل (۱۰ نفر) قرار گرفتند. برنامه‌های تمرین به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته با تمرینات چهار دقیقه‌ای با شدت بالا (۹۰-۸۵ درصد ضربان قلب حداکثر) و بهبودی سه دقیقه‌ای (۷۵-۶۵ درصد ضربان قلب حداکثر) با چهار تکرار انجام شد که در تمرینات تناوبی شدید به شکل دویدن و در بازی تناوبی شدید به شکل بازی صورت گرفت. نمونه‌های خونی جهت اندازه‌گیری سطوح سرمی نیمرخ چربی (۴۸ ساعت قبل و پس از مداخله) گرفته شد.

**یافته‌ها:** هر دو گروه تناوبی شدید و بازی تناوبی شدید در مقایسه با گروه کنترل در مقادیر توان هوازی و لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL) افزایش ( $P < 0/001$ ) و در مقادیر درصد چربی بدن، تری گلیسیرید (TG)، کلسترول کل (TC) و لیپوپروتئین با چگالی کم (LDL) کاهش معناداری را نشان دادند و بین دو گروه تمرین در LDL، TG و HDL ( $P < 0/01$ ) تفاوت معنادار بود که با افزایش HDL بیش تر و کاهش بیش تر LDL و TG در گروه بازی تناوبی همراه بود.

**نتیجه‌گیری:** بازی تناوبی شدید می‌تواند به‌عنوان راهکار مناسب‌تری جهت بهبود نیمرخ چربی دختران دارای اضافه وزن و چاقی پیشنهاد شود.

**واژگان کلیدی:** تمرینات ورزشی شدید، کودکان، چاقی، لیپوپروتئین، ترکیب بدنی

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۰۹

به این مقاله، به صورت زیر استناد کنید:

Zameni Jafarkolaei Kh, Esmaelzadeh Toloe M. In-Vitro Studying Toxicity of Herbal Extracts Mixture in Normal Environment and Protective Effect of Mixtures in High-Glucose Environment. *ijld*. 2025; 25(4):319-330.

\* نویسنده مسئول: محمدرضا اسماعیل زاده طلوعی، آدرس: مازندران، آمل، کیلومتر ۵ جاده هراز، دو راهی امامزاده عبدالله، دانشگاه شمال، گروه فیزیولوژی ورزشی، کد پستی: ۴۶۱۶۱۸۴۵۹۶، تلفن: ۰۹۱۱۱۲۷۵۶۴۳، پست الکترونیک: r.toloe@shomal.ac.ir

## مقدمه

سازمان بهداشت جهانی<sup>۱</sup> (WHO) چاقی را به عنوان بیماری مزمن و «اولین اپیدمی غیر عفونی در تاریخ و مشکل بزرگ جهانی» اعلام کرد که درک آن به دو دلیل بسیار مهم است: ۱- تعداد بزرگسالان مبتلا به چاقی در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه با نرخ هشدار دهنده در حال افزایش است و ۲- چاقی دوران کودکی در کشورهای صنعتی و در حال توسعه به سطوح همه گیر رسیده است (سازمان جهانی بهداشت، ۲۰۰۰). از طرفی چاقی دوران کودکی یکی از جدی ترین چالش های سلامت قرن بیست و یکم است [۱] که باعث آسیب های جسمانی و روانی می شود [۲]. شواهد قوی نشان می دهد که اضافه وزن در دوران کودکی پیش بینی کننده چاقی در آینده است و می تواند خطرات متابولیک قلبی مانند مقاومت به انسولین، اختلال چربی، فشار خون بالا و آمادگی قلبی- تنفسی ضعیف را در کودکان چاق افزایش دهد [۳]. ارتباط بین چاقی و عوامل خطر قلبی- عروقی در اوایل زندگی شروع می شود. آسیب شناسی تصلب شرایین که از دوران کودکی شروع می شود، با سطح کلسترول کل مرتبط است و افزایش لیپوپروتئین با چگالی کم<sup>۲</sup> (LDL) و کاهش سطح لیپوپروتئین با چگالی بالا<sup>۳</sup> (HDL) از عوامل خطر مستقل برای بیماری های قلبی- عروقی هستند [۴]. با توجه به مشکلات و بیماری های ناشی از افزایش وزن و چاقی که هزینه های بالایی به همراه دارند بسیاری از متخصصان برای تدوین روش های در دسترس و مقرون به صرفه کاهش وزن از جمله ارتقای فعالیت بدنی و آمادگی جسمانی اهمیت قائل شده اند؛ چرا که آمادگی جسمانی نقش پیش گیرانه ای در برابر بیماری ها دارد [۵]. ثابت شده است که فعالیت بدنی منظم در دوران کودکی اثرات مثبتی بر عادات سلامتی در جمعیت بزرگسال دارد و باعث کاهش بروز بیماری های قلبی- عروقی، بیماری های متابولیک و مرگ زودرس می شود [۶]. کالج پزشکی ورزشی آمریکا<sup>۴</sup> (ACSM) و سازمان جهانی بهداشت اکیداً توصیه کرده اند که کودکان حداقل ۶۰ دقیقه در روز را به فعالیت های بدنی متوسط تا شدید هوازی اختصاص دهند و حداقل دو تا سه بار در هفته به تمرینات قدرت و استقامت عضلانی بپردازند [۷].

فعالیت ورزشی مؤلفه ای حیاتی در مدیریت چاقی دوران کودکی

است که می تواند ترکیب بدن را بهبود بخشد و سلامت قلب و عروق را حفظ کند. مطالعات نشان داده اند که تمرین تناوبی شدید<sup>۵</sup> (HIIT) می تواند روشی مؤثری از بُعد زمان برای بهبود نشانگرهای سلامت در کودکان و نوجوانان باشد، چرا که اثرات مثبت بیش تری نسبت به سایر برنامه های فعالیت بدنی بر آمادگی قلبی- تنفسی و پارامترهای متابولیک قلبی دارند [۸]. کودکان دارای اضافه وزن تمایلی برای شرکت در فعالیت ورزشی ندارند؛ بنابراین طراحی فعالیتی جذاب و سرگرم کننده که میل مشارکت این کودکان را افزایش دهد سبب پیش گیری از بی تحرکی و رغبت بیش تر برای حضور این افراد در برنامه های ورزشی می شود [۹]. مداخلات مؤثر با هدف ارتقاء آمادگی قلبی- تنفسی در این جمعیت از اهمیت ویژه ای برخوردار است. مداخلات باید برای بهینه سازی لذت کودکان از فعالیت های بدنی، با در نظر گرفتن الگوهای رایج فعالیت- بدنی شان به عنوان بازی های خاص کودکان یا فعالیت های ورزشی «غیرقابل پیش بینی» طراحی شوند [۱۰]. در این راستا، مداخلات بازی های با شدت بالا ممکن است برای سلامت و آمادگی جسمانی کودکان مؤثر باشد. یکی از انواع شیوه های مداخله ای که امروزه در کاهش وزن کودکان مورد توجه محققان قرار گرفته، بازی تناوبی شدید<sup>۶</sup> (HIG) است که برنامه های غیررقابتی فوق برنامه مبتنی بر بازی است که شامل بازی های سنتی در زمین بازی با شدت متوسط تا شدید است [۱۱].

هرچند پژوهش های زیادی نقش HIIT را در کاهش چاقی، اضافه وزن و کنترل نیمرخ چربی در کودکان و نوجوانان بررسی کردند ولی در مجموع در مورد تأثیر تمرینات HIIT در کاهش چاقی، اضافه وزن و کنترل نیمرخ چربی نتایج ضد و نقیضی مشاهده شد. از یک سو برخی از پژوهش ها تأثیر مثبت تمرینات HIIT بر شاخص های کاهش وزن، توان هوازی و نیمرخ چربی را نشان داده اند [۱۵-۱۲]. این در حالی است که Khammassi و همکاران (۲۰۱۸) بهبودهایی در وزن، نمایه توده بدنی<sup>۷</sup> (BMI) و دورکم در اثر تمرینات HIIT گزارش کردند در صورتی که تغییرات نیمرخ چربی معنادار نبود [۱۶]. Kim و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند تأثیر فعالیت ورزشی بر چاقی بر ظاهر بیرونی (شاخص توده بدنی، دور کمر) بیش تر از عوامل کاربردی [وزن، درصد چربی بدن<sup>۸</sup> (BF)] است. همچنین تأثیر فعالیت ورزشی بر TG بیش تر

<sup>5</sup> High intensity interval training

<sup>6</sup> High-intensity interval game

<sup>7</sup> Body mass index

<sup>8</sup> Body fat

<sup>1</sup> World Health Organization

<sup>2</sup> Low-density lipoprotein

<sup>3</sup> High-density lipoprotein

<sup>4</sup> American College of Sports Medicine

معیارهای خروج شامل داشتن سابقه بیماری، شروع سیکل قاعدگی، برنامه منظم ورزشی هفتگی، سندرم بیش فعالی، مصرف دارو با تجویز پزشک مانند داروهای لیپولیتیک ضد چاقی یا کم‌اشتهایی که بر عوامل وابسته طرح اثرگذار باشد، بوده اند. گواهی پزشک و رضایت‌نامه والدین جهت شرکت آزمودنی‌ها در پژوهش از تمامی کودکان اخذ گردید. از آزمودنی‌ها و والدین آنها خواسته شد برنامه تغذیه معمول خود را ادامه دهند و تغییر خاصی در آن ایجاد نکنند و در پرسشنامه غذایی که در اختیار آنها قرار گرفته بود، رژیم غذایی خود را به محققین گزارش کنند. روند مطالعه توسط کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی تأیید شده بود (کد اخلاق: (SSRI.REC-2302-211 (R1).

روش اجرای پژوهش: قد و وزن آزمودنی‌ها از طریق دستگاه قدسنج و ترازوی دیجیتال مدل سکا بادقت ۰/۰۱ کیلوگرم اندازه‌گیری شد. نمایه توده بدنی (BMI) از طریق تقسیم وزن (کیلوگرم) بر مجذور قد (متر) بر حسب کیلوگرم/مترمربع محاسبه شد. همچنین برای ارزیابی شاخص نسبت دور کمر به دور باسن (WHR)، دور کمر در باریک‌ترین ناحیه کمر با متر نواری غیر ارتجاع (Seca) اندازه‌گیری شد و با استفاده از فرمول دور کمر (سانتی‌متر) + دور باسن (سانتی‌متر) محاسبه شد. برای تعیین درصد چربی بدن از اندازه‌گیری ضخامت چین‌های پوستی سه سر بازو، تحت کتفی و بخش میانی و داخلی ساق پا با استفاده از کالیپر (مدل Longe ساخت آلمان) و فرمول لومن استفاده شد [۲۰]:

$۵ + ۰/۶۱۰ \times$  پوستی ضخامت مجموع = درصد چربی بدن  
حداکثر اکسیژن مصرفی (VO<sub>2max</sub>)<sup>۲</sup> از طریق آزمون رفت و برگشت ۲۰ متر با استفاده از فرمول Leger و همکاران [۲۱] برآورد شد:

$$VO_{2max} = ۳۱/۰۲۵ + ۳/۱۳۸ \times \text{سرعت} - ۳/۲۴۸$$

$$\text{سرعت} \times \text{سن} \times ۰/۱۵۳۶$$

گروه‌های تمرین در یک برنامه تمرینی هشت هفته‌ای که شامل سه جلسه در هفته بود، شرکت کردند، درحالی‌که گروه کنترل در مدت پژوهش روش زندگی معمول خود را حفظ و دنبال کردند، یک روز قبل از شروع برنامه تمرینی و پس از ۱۲ ساعت ناشتایی (از ساعت هشت تا نه صبح)، خون‌گیری از طریق ورید براهیکال به مقدار ۵ میلی‌لیتر توسط کارشناس مجرب در محیط آزمایشگاه به‌منظور ارزیابی متغیرهای بیوشیمیایی صورت گرفت. نمونه‌های خونی در سانتی‌فرز با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰

از LDL و HDL بود [۱۷]. مطالعه Tayebi و همکاران (۱۴۰۲) نشان داد تمرینات ترکیبی متناوب با شدت بالا بر بهبود سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی و نیم‌رخ چربی‌های خون در دختران دارای اضافه وزن و چاقی تأثیر ندارد [۱۸]. از سوی دیگر بازی‌های تناوبی شدید روی کودکان منجر به تغییرات مثبت در کاهش وزن و شاخص‌های فیزیولوژیکی تن‌سنجی می‌شود [۱۹]. همچنین نتایج پژوهش Martínez-Vizcaino و همکاران [۱۱] نشان داد مداخله بازی‌های تناوبی با شدت بالا منجر به بهبود شاخص‌های قدرت در پسران و بهبود قابل توجه در فشار خون، نیم‌رخ چربی، ظرفیت هوازی و پارامترهای قدرت در دختران می‌شود. با توجه به اینکه چاقی دوران کودکی با نیم‌رخ چربی غیرطبیعی مشابه آنچه در بزرگسالان مشاهده می‌شود مرتبط است که می‌تواند به خطرات قلبی-عروقی بیش‌تری منجر شود. بنابراین شناسایی و کنترل چاقی کودکان هدفی مهم در پیش‌گیری از بیماری‌های قلبی-عروقی در بزرگسالی است [۴]. بر این اساس، با توجه به نتایج ضد و نقیض و کمبود پژوهش در زمینه تأثیر انواع تمرینات بر شاخص‌های منتخب در کودکان، پژوهش حاضر درصدد بود اثر بازی تناوبی شدید و تمرین تناوبی شدید بر ترکیب بدنی، توان هوازی و نیم‌رخ چربی در دختران دارای اضافه وزن و چاقی مقایسه کند.

## روش‌ها

نمونه‌های پژوهش: مطالعه حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون با گروه کنترل بود. جامعه آماری دختران غیرفعال دارای اضافه وزن و چاقی با میانگین سنی  $۱۱/۴۲ \pm ۰/۶۱$  سال، وزن  $۷/۶۵ \pm ۶۷/۴۱$  کیلوگرم و نمایه توده بدنی  $۲/۳ \pm ۳۰/۱۴$  کیلوگرم بر مترمربع شهرستان ساری بود که از طریق فراخوان عمومی برای مشارکت در پژوهش دعوت به عمل آمد. از بین افراد داوطلب شرکت در تحقیق، با استفاده از نرم‌افزار G.pawer (ویرایش ۳.۱.۹.۷) با توان ۰/۸۰ و اندازه اثر ۰/۴، تعداد نمونه ۳۰ نفر تعیین و به‌صورت هدفمند انتخاب شدند. آزمودنی‌ها پس از همگن‌سازی براساس نمایه توده بدنی، به‌صورت تصادفی به سه گروه بازی تناوبی با شدت بالا (۱۰ نفر)، تمرین تناوبی با شدت بالا (۱۰ نفر) و کنترل (۱۰) تقسیم شدند. معیارهای ورود دختران ۱۰-۱۲ سال که براساس BMI صدک مساوی و بزرگ‌تر از ۸۵ و کمتر از ۹۵ ( $BMI \leq ۸۵$ ) و صدک مساوی و بزرگ‌تر از ۹۵ ( $BMI \geq ۹۵$ ) که به‌ترتیب دارای اضافه‌وزن و چاقی هستند که به‌صورت داوطلبانه و با رضایت در این تحقیق شرکت کردند.

<sup>1</sup> Waist-hip ratio

<sup>2</sup> Volume oxygen maximum

یک بازی ۱۰ دقیقه‌ای به نام مسیر جریان را با شدت پایین برای سرد کردن انجام می‌دادند. به منظور رعایت اصل اضافه بار هر هفته، دو دقیقه به زمان تمرین اضافه می‌شد (جدول ۱) [۱۱]. برنامه تمرین تناوبی با شدت بالا شامل سه بار در هفته که هر جلسه شامل ۱۵ دقیقه آماده‌سازی و گرم کردن، به دنبال آن ۲۸ دقیقه بدنه اصلی تمرین که شامل چهار دقیقه دویدن با شدت بالا (۹۰-۸۵) درصد حداکثر ضربان قلب و بهبود به صورت فعال به مدت سه دقیقه با ۷۵-۶۵ درصد حداکثر ضربان قلب بود که چهار بار تکرار شد و در نهایت، کودکان ۱۰ دقیقه با شدت پایین سرد می‌کردند (جدول ۲) [۲۳]. به منظور رعایت اصل اضافه بار هر هفته دو دقیقه به زمان تمرین اضافه شد. ضربان قلب به طور مداوم با گرفتن تعداد ضربان در ۱۰ ثانیه و محاسبه برای یک دقیقه کنترل می‌شد و در هر دو گروه HIIG و HIIT با استفاده از فرمول تاناکا  $HR_{max} = 208 - 0.7 \times \text{سن}$  محاسبه شد [۲۴].

دقیقه سانتریفوژ شد و پلاسما از خون جدا شد و پس از آن در فریزر با دمای منفی ۸۰ درجه تا زمان اندازه‌گیری‌های بیوشیمیایی نگهداری شد. در ادامه آزمودنی‌های گروه تجربی به مدت هشت هفته به اجرای برنامه تمرینی پرداختند و در پایان هفته هشتم و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرینی نیز نمونه‌های خونی برای بار دوم جمع‌آوری شد.

برنامه بازی تناوبی با شدت بالا شامل سه بار در هفته که هر جلسه شامل ۱۵ دقیقه آماده‌سازی و گرم کردن با بازی توپ زندانی، به دنبال آن ۲۸ دقیقه بازی با استفاده از برنامه HIIT، که شامل یک بازی چهار دقیقه‌ای با شدت بالا (۹۰-۸۵) درصد ضربان قلب حداکثر (تقریباً ۱۹۰-۱۷۸) که شامل بازی نشانه‌ها و بازی حلقه‌های رنگ بوده و به منظور بهبود، بازی نبض چینی را به مدت سه دقیقه با ۷۵-۶۵ درصد حداکثر ضربان قلب (۱۴۷-۱۳۶) برای چهار بار تکرار انجام داده‌اند. این شدت تمرین برای کودکان و نوجوانان توصیه شده است [۲۲]. در نهایت، کودکان

#### جدول ۱- برنامه بازی تناوبی شدید

زمان	مرحله	تجهیزات: توپ فوم، دستمال و حلقه
۱۵'	گرم کردن	بازی توپ زندانی: بازیکنان به دو گروه تقسیم شدند و هر تیم در زمین خود قرار می‌گیرد. این بازی شامل حذف بازیکنان تیم مقابل، از طریق پرتاب توپ است. بازیکنی که توپ به او می‌خورد به انتهای زمین مقابل می‌رود و پشت خط همان زمین قرار می‌گیرد؛ اما به بازی ادامه می‌دهد و منتظر پاس دادن توپ توسط هم‌تیمی‌هایش است. اگر بازیکنی توپ را به طرف حریف پرتاب کند تا به او برخورد کند؛ اما او آن را در هوا بگیرد، می‌تواند برای حذف فرد دیگر توپ را برگرداند. آخرین بازیکن یک تیم در صورتی که بتواند از ۱۰ پرتاب زمین بازیکنان حریف طفره رود، فرصت پیروزی تیم خود را خواهد داشت. در پایان فعالیت کودکان به صورت جفت قرار گرفتند تا برای بازی‌های بعدی آماده باشند.
۴'	بلوک ۱	بازی نشانه‌ها: ۵ دستمال بین ۵ کودک تقسیم شد و به دنبال دستورالعمل‌های مربی در کل فضای سالن می‌دوند. اگر مربی دست بزند، کودکان باید بایستند و حرکت زانو بلند را انجام دهند تا زمانی که دستور جدیدی دریافت کنند. زمانی که گفته شود «دو» حرکت پروانه را اجرا کنند، و اگر گام بردارند باید برپی اجرا کنند و در صورت گفتن «دستمال» دانش‌آموزانی که دستمال دارند باید سعی کنند کودک دیگری را بگیرند (قبل از این که مربی عمل دیگری را نشان دهد) تا نقش‌هایشان را عوض کنند. کودکانی که دستمال ندارند در پایان بازی برنده شدند.
۳'	بهبودی <sup>۱</sup>	بازی نبض چینی: کودکان دوبه‌دو روبروی هم قرار می‌گیرند، یک دست هم را گرفته و یک پا را در جلو می‌گذارند و سعی می‌کنند با حرکت دادن پا به سمت طرف مقابل، تعادل یار مقابل را از بین ببرند. پای عقبی می‌تواند حرکت کند.
۴'	بلوک ۲	بازی نشانه‌ها: روشی مشابه با فعالیت قبلی ولی با شدت بالا که علائم جدیدی را به منظور افزایش سختی و شدت اضافه شد («چهار»؛ لی؛ «پنج»؛ حرکت طناب زدن و «شش»؛ پرش به سمت جلو).
۳'	بهبودی:	توضیح و سازماندهی برای فعالیت بعدی.
۴'	بلوک ۳	بازی حلقه‌های رنگ: در ابتدا محدوده‌های کوچک از بازی را مشخص کرده و به ۵ کودک حلقه داده می‌شود که هر کدام با یک حلقه (سه حلقه از یک رنگ و دو حلقه از رنگ دیگر، به عنوان مثال آبی و قرمز)، که سعی می‌کنند با حلقه بقیه را بگیرند. وقتی شریکی که حلقه دارد کودک را با حلقه بگیرد، نقش‌های خود را عوض می‌کنند. بازیکنی که به او رسیده است، قبل از این که بخواهد شریک دیگری را بگیرد، اگر حلقه آبی باشد باید ۱۰ اسکات در داخل حلقه انجام دهد (کودکان باید آنها را با صدای بلند بشمارند تا مربی بتواند بررسی کند). اگر رنگ حلقه قرمز باشد کودک باید ۱۰ عدد برپی را اجرا می‌کرد.

<sup>1</sup> Recovery

۳'	بهبودی: بازی نبض چینی انجام شد.
۴'	بازی حلقه‌های رنگ: روشی مشابه با فعالیت با شدت بالای قبلی اجرا می‌شوند با این تفاوت که حلقه‌های رنگی دیگر به آن اضافه شده و به هر حلقه یک حرکت جدید اختصاص داده می‌شود (مانند حرکت کوهنورد، زانو بلند).
۳'	بهبودی: بازی سرگیجه (دوران): ابتدا همه کودکان دایره‌ای تشکیل داده، به جز یکی که در وسط می‌ماند. کودکان توپ را بدون لمس با فرد وسط به هم پاس می‌دهند. اگر فرد وسط دایره توپ را لمس کند، او آزاد می‌شود و کسی که آن را پاس داده است در مرکز قرار می‌گیرد.
۱۰'	مسیر جریان: کودکان باید یک دایره تشکیل دهند و دست‌های هم را بگیرند و یک فرد در مرکز دایره با چشمان بسته قرار می‌گیرد. مربی فردی را از دایره برای شروع حرکت (دست‌زدن با شریک خود) انتخاب می‌کند. دانش‌آموزان در دایره باید سعی کنند آن حرکت را در سراسر دایره انجام دهند تا زمانی که به نفر اول برگردد. بازیکن وسط (که می‌تواند شروع بازی را ببیند) باید کشف کند که مسیر و جهت «جریان» به کدام جهت بود. با افراد مختلف در مرکز دایره چرخش ادامه دارد.

جدول ۲- برنامه تمرین تناوبی شدید

مرحله گرم کردن	تناوبی	بهبودی	تناوبی	بهبودی	تناوبی	بهبودی	تناوبی	بهبودی	سرد کردن
شدت*	۸۵٪ الی ۹۰٪	۶۵٪ الی ۷۵٪	۸۵٪ الی ۹۰٪	۶۵٪ الی ۷۵٪	۸۵٪ الی ۹۰٪	۶۵٪ الی ۷۵٪	۸۵٪ الی ۹۰٪	۶۵٪ الی ۷۵٪	-
مدت	۴'	۳'	۴'	۳'	۴'	۳'	۴'	۳'	۱۰'

\*درصد ضربان قلب حداکثر

از نرم افزار SPSS<sup>25</sup> انجام شده است.

## یافته‌ها

مشخصات فردی و تن سنجی آزمودنی‌های گروه‌های تحقیق در جدول ۲ ارائه شده است و همان‌طور که مشاهده می‌شود، تفاوت آماری معناداری بین گروه‌ها در مقادیر پیش‌آزمون وجود نداشت ( $P > 0/05$ ) و گروه‌ها همگن بودند.

روش‌های آزمایشگاهی: نمونه‌های خونی آزمودنی‌ها در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون در آزمایشگاه بالینی توسط کادر متخصص، ابتدا در سانتیفریوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتیفریوژ شد و پلاسما از خون جدا شد و پس از آن در فریزر با دمای منفی ۸۰ درجه تا زمان اندازه‌گیری‌های بیوشیمیایی نگهداری شد. کلسترول کل و C - HDL با روش آنزیماتیک (CHOD-PAP)، تری‌گلیسرید پلاسما با روش آنزیماتیک (GPO-PAP)<sup>۲</sup> و به‌منظور اندازه‌گیری LDL-C از روش فریدوالد [۲۵] استفاده شد

$$LDL-C = TC - (HDL-C + TG/5)$$

## تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها ابتدا از آمار توصیفی جهت محاسبه میانگین، انحراف استاندارد و ترسیم جداول و نمودارها استفاده شده است. پس از تعیین توزیع طبیعی داده‌ها توسط آزمون شاپیرو ویلک و برابری واریانس گروه‌ها با استفاده از آزمون لوین، برای مقایسه تفاوت میانگین بین گروه‌ها از آزمون تحلیل کوواریانس و مقایسه گروه‌ها به صورت جفت تعقیبی بنفرونی و همچنین بررسی تفاوت‌های درون‌گروهی از آزمون تی وابسته در سطح معناداری  $P \leq 0/05$  استفاده شده است. تجزیه و تحلیل تمام داده‌ها، با استفاده

<sup>1</sup> Phosphatase-Phenol/Aminophenazone-Phosphatase-Diaphorase

<sup>2</sup> Glycerol-3-Phosphate Oxidase-Peroxidase

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های تن سنجی آزمودنی‌ها و متغیرهای پژوهش

P-value	پس آزمون		پیش آزمون		گروه	متغیر
	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین		
۰/۴۱	-	-	۰/۷۹۹۸۱	۱۱/۵۶۵۰	گروه تمرین تناوبی شدید	سن (سال)
	-	-	۰/۴۹۹۱۴	۱۱/۳۲۹۰	گروه بازی تناوبی شدید	
	-	-	۰/۵۷۶۶۰	۱۱/۴۰۷۰	گروه کنترل	
۰/۱۳	-	-	۵/۶۹۸۲	۱۵۰/۹۴۰	گروه تمرین تناوبی شدید	قد (متر)
	-	-	۵/۶۹۸۲	۱۵۱/۰۵۰	گروه بازی تناوبی شدید	
	-	-	۴/۵۸۹۸	۱۴۵/۸۰۰	گروه کنترل	
۰/۳۲	۷/۸۴۹۳	۶۶/۵۰۰	۷/۹۵۹۲	۶۹/۱۵۰	گروه تمرین تناوبی شدید	وزن (کیلوگرم)
	۶/۹۱۱۵	۶۴/۹۸۰	۷/۷۸۴۳	۶۸/۲۶۰	گروه بازی تناوبی شدید	
	۷/۳۰۳۶	۶۵/۶۱۰	۷/۲۲۵۲	۶۴/۸۴۰	گروه کنترل	

جدول ۳، مقادیر میانگین و انحراف معیار پیش آزمون و پس آزمون متغیرهای پژوهش را در سه گروه تحقیق و مقایسه تغییرات درون گروهی و تفاوت بین گروهی را نشان می‌دهد. نتایج آزمون تحلیل کواریانس تفاوت معناداری را بین گروه‌ها، پس از هشت هفته تمرین در ترکیب بدن، توان هوازی و نیمرخ چربی آزمودنی‌ها نشان داده است (P < ۰/۰۰۱). بعد از هشت هفته تمرین تحلیل آماری داده‌ها تفاوت معناداری را بین وزن بدن، درصد چربی، BMI و WHR در گروه‌های تمرین در مقایسه با گروه کنترل نشان داد. نتایج مقایسه گروه‌ها به صورت جفت متج از آزمون تعقیبی بنفرونی نشان داد که فقط دو گروه تمرینی در متغیرهای HDL، TG و LDL

تفاوت معناداری با هم داشتند (P < ۰/۰۰۱) و هر دو گروه تمرین در مقادیر توان هوازی، TG، HDL و کلسترول تفاوت معناداری با گروه کنترل داشته‌اند (P < ۰/۰۰۵)، اما در مقادیر LDL فقط بین گروه‌های بازی تناوبی شدید و کنترل تفاوت معناداری مشاهده شده است (P < ۰/۰۰۱). همچنین ارزیابی درون گروهی داده‌ها نشان داده است که در هر یک از متغیرهای این پژوهش از مرحله پیش آزمون به پس آزمون تغییر معناداری در دو گروه تمرین وجود داشته است (P < ۰/۰۰۵)، اما در گروه کنترل به جز کلسترول که افزایش معناداری داشته است (P = ۰/۰۲۹)، در بقیه متغیرها تغییر معناداری نداشته است (P > ۰/۰۵).

جدول ۳- مقایسه تغییرات میانگین و انحراف معیار ترکیب بدن، توان هوازی و نیمرخ چربی در گروه‌های تجربی و کنترل

P** بین گروهی	P* درون گروهی	پس آزمون		پیش آزمون		گروه	متغیر
		انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین		
۰/۰۰۱ □	۰/۰۰۱	۲/۱۴۸۰۳	۴۵/۷۴۸۰	۲/۴۴۰۸۵	۴۷/۸۸۳۰	HIIT	%BF
	۰/۰۰۱	۳/۶۷۱۲۸	۴۴/۶۵۰۰	۳/۲۰۲۷۴	۴۷/۸۸۳۰	HIG	
	۰/۲۴۴	۳/۰۴۶۶۱	۴۸/۰۰۵۰	۳/۱۲۳۶۷	۴۷/۷۰۰۰	کنترل	
۰/۰۰۱ □	۰/۰۰۱	۰/۰۴۵۱۴	۰/۷۹۴۳	۰/۰۴۸۵۴	۰/۸۵۷۹	HIIT	WHR (Cm)
	۰/۰۰۱	۰/۰۴۰۵۶	۰/۷۹۳۲	۰/۰۳۴۹۲	۰/۸۴۶۳	HIG	
	۰/۰۱۹	۰/۰۳۳۱۴	۰/۸۸۱۴	۰/۰۴۸۸۹	۰/۸۵۷۴	کنترل	
۰/۰۰۱ □	۰/۰۰۱	۲/۱۱۵۵۹	۲۸/۸۶۷۴	۱/۹۱۲۰۶	۳۰/۲۵۹۳	HIIT	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
	۰/۰۰۱	۲/۵۰۲۶۷	۲۷/۹۹۰۲	۲/۵۷۶۳۰	۲۹/۸۹۰۳	HIG	
	۰/۰۳۵	۲/۳۸۲۵۶	۳۰/۶۶۶۰	۲/۵۲۰۸۹	۳۰/۲۹۲۳	کنترل	
۰/۰۰۱ □	۰/۰۰۱	۲/۱۱۶۱۲	۳۵/۹۱۵۶	۱/۸۹۲۷	۳۳/۰۶۲۴	HIIT	VO <sub>2max</sub>
	۰/۰۰۱	۲/۰۶۲۸۵	۳۶/۴۲۳۷	۲/۱۹۴۳۱	۳۳/۴۰۶۱	HIG	
	۰/۰۶۴	۲/۱۲۰۷۲	۳۲/۵۵۳۴	۲/۱۳۸۲۰	۳۳/۰۲۱۲	کنترل	
۰/۰۰۱ □	۰/۰۰۱	۸/۹۰۰	۱۷۷/۱۰	۹/۵۲۲	۱۷۹/۷۰	HIIT	Cho (ml/dl)
	۰/۰۰۵	۹/۲۱۴	۱۷۲/۳۰	۱۲/۴۳۲	۱۷۷/۱۰	HIG	
	۰/۰۲۹	۱۹/۲۴۲	۱۸۸/۱۰	۱۸/۶۲۲	۱۸۵/۵۰	کنترل	

	۰/۰۰۱	۲۲/۸۴۶	۱۶۴/۸۰	۲۳/۳۸۰	۱۶۸/۸۰	HIIT	
▲	۰/۰۰۱	۴۰/۶۸۷	۱۱۵/۹۰	۴۳/۵۲۶	۱۲۳/۶۰	HIG	TG (ml/dl)
■	۰/۱۶۸	۳۶/۲۷۷	۱۶۴/۶۰	۳۶/۰۸۶	۱۶۳/۸۰	کنترل	
▲	۰/۰۰۱	۴/۶۶۷	۳۷/۰۰	۴/۳۷۷	۳۳/۴۰	HIIT	
■	۰/۰۰۱	۴/۶۴۹	۴۳/۵۰	۴/۶۷۳	۳۷/۵۰	HIG	HDL (ml/dl)
▲	۰/۱۲۶	۴/۵۲۳	۳۳/۳۰	۴/۲۳۷	۳۳/۲۰	کنترل	
■	۰/۰۱۰	۱۵/۰۲۴	۱۱۵/۸۰	۱۵/۰۵۷	۱۱۶/۵۰	HIIT	
▲	۰/۰۰۱	۱۲/۵۷۹	۱۰۹/۰۰	۱۲/۵۲۷	۱۱۱/۴۰	HIG	LDL (ml/dl)
■	۰/۵۶۰	۱۱/۵۷۸	۱۲۰/۶۰	۱۰/۹۴۵	۱۲۰/۳۰	کنترل	

\*مقدار P برای نتایج آزمون تی نمونه‌های وابسته (سطح معناداری  $P < ۰/۰۰۵$ ) \*\*مقدار P برای نتایج آزمون تحلیل کوواریانس (سطح معناداری  $P < ۰/۰۰۵$ )  
 ▲ تفاوت معناداری بین گروه‌های تمرین تناوبی شدید و بازی تناوبی شدید ( $P < ۰/۰۰۵$ ) ■ تفاوت معناداری بین گروه تمرین تناوبی شدید و گروه کنترل ( $P < ۰/۰۰۵$ ) □ تفاوت معناداری بین گروه بازی تناوبی شدید و گروه کنترل ( $P < ۰/۰۰۵$ )

BF: Body fat, WHR: Waist-hip ratio, BMI: Body mass index, VO<sub>2max</sub>: Volume oxygen maximum, Cho: Cholesterol, TG: triglyceride, HDL: High-density lipoprotein.

## بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داده است که هشت هفته تمرین تناوبی شدید و بازی تناوبی شدید در مقایسه با گروه کنترل منجر به تغییرات معناداری در متغیرهای ترکیب بدن، توان هوازی و نیمرخ چربی داشته‌اند و این تفاوت بین دو گروه تمرینی تمرین تناوبی شدید و بازی تناوبی شدید، فقط در متغیرهای TG، HDL و LDL معنادار بوده که اثربخشی بازی تناوبی، اندکی بارزتر بود. هم‌راستا با نتایج پژوهش حاضر، مطالعات [۲۶، ۲۷] نشان داده‌اند که HIIT به‌طور قابل توجهی چربی خون کودکان چاق را بهبود می‌بخشد. هرچند Pozuelo-Carrascosa و همکاران [۲۷] دریافتند که برنامه‌های ورزشی مبتنی بر مدرسه نتایج مثبتی برای HDL، LDL و TC داشت، ولی این نتایج از نظر آماری معنادار نبودند. یک دلیل احتمالی برای اختلاف نتایج این است که برخی مطالعات مداخلاتی برای ترویج تغذیه سالم داشتند و مشخص نیست که بهبود نیمرخ چربی، نتیجه افزایش فعالیت بدنی، تغییر در رژیم غذایی، یا هر دو بوده است. اگرچه HDL بیش‌تر به فعالیت بدنی حساس است، اما به‌طور کلی، تغییرات در چربی‌های خون به زمان، حجم و شدت تمرین بستگی دارد [۲۷].

یکی از مزایای HIIT بهبود متابولیسم است. اکسیداسیون کربوهیدرات با شدت تمرین افزایش می‌یابد، اکسیداسیون چربی در طول تمرین تا ۶۵ تا ۷۵ درصد Vo<sub>2max</sub> افزایش می‌یابد. همچنین فعالیت ورزشی، متابولیسم اسیدهای آمینه را در عضلات اسکلتی و پلاسما تحریک می‌کند. در طول بهبودی پس از فعالیت، اسیدهای چرب در گردش و اکسیداسیون کربوهیدرات و چربی برای چندین ساعت بالا باقی می‌ماند

[۲۸]. تصور می‌شود که پاسخ‌های هورمونی توسط استرس متابولیک ناشی از HIIT ایجاد می‌شود که بر یکپارچگی عضلات، استخوان‌ها و بافت‌های همبند تأثیر می‌گذارد و به حفظ متابولیسم در محدوده طبیعی کمک می‌کند [۲۹]. اکسیداسیون کربوهیدرات و متابولیسم چربی در حین فعالیت ورزشی توسط هورمون‌های مختلفی از جمله انسولین، گلوکاگون، کورتیزول، هورمون آدرنوکورتیکوتروپیک (ACTH)، هورمون رشد، اپی نفرین و نوراپی نفرین تنظیم می‌شود. سیتوکین اینترلوکین-۶ (IL-6) همچنین بر متابولیسم در حین ورزش به روشی هورمون مانند تأثیر می‌گذارد [۳۰]. سطح و نوع فعالیت بدنی بر الگوهای ترشح آدیپوکین‌ها، الگوهای بیان ژنتیکی ژن‌های کلیدی درگیر در متابولیسم انرژی و همچنین در فرآیندهای اپیژنتیکی نقش دارد [۳۱]. تولید بیش از حد پروتئین اتصال‌دهنده به اسیدهای چرب<sup>۳</sup> (AFABP)، منجر به افزایش تجمع کلسترول و تری‌گلیسیرید و بیان بالاتر نشانگرهای التهابی می‌شود. اثر شدت تمرین و همچنین سطح اولیه TG ممکن است عامل بالقوه‌ای در کاهش سطح TG باشد. در عین حال، طبق پیشینه تحقیقاتی در مورد تأثیر تمرین بر سطح تری‌گلیسیرید سرم در افراد مختلف، یکی از دلایل عدم تغییر قابل توجه سطح تری‌گلیسیرید سرم می‌تواند به‌مدت زمان دوره تمرینی مربوط باشد [۱۴]. بنابراین، تصور می‌شود که AFABP در مسیرهای پیام‌رسانی چربی، پاسخ‌های التهابی و تنظیم متابولیک نقش دارد که اختلال در

<sup>1</sup> Adrenocorticotrophic hormone

<sup>2</sup> Interleukin 6

<sup>3</sup> Adipocyte fatty acid binding protein

به افزایش PGC-1 $\alpha$  می‌شود که به بهبود ظرفیت هوازی و عملکردی منجر می‌شود [۳۹]. بهبود آمادگی قلبی-تنفسی<sup>۳</sup> (CRF) ارتباط نزدیکی با افزایش قطر بطن چپ و در نهایت افزایش حجم سیستولیک دارد [۴۰]. علاوه بر این، HR در رابطه با CRF می‌تواند بر سیستم عصبی خودمختار تأثیر بگذارد. به‌طور خاص، کاهش سطح کاتکولامین در گردش و تغییر در تعداد یا تمایل گیرنده‌ها وجود دارد [۴۱]. پاسخ‌های حاد به HIIT شامل افزایش ضربان قلب، کاتکولامین‌ها، کورتیزول، هورمون رشد، سطوح لاکتات پلازما و گلوکز، گلیسرول و کاهش قابل توجه در فعال شدن مجدد پاراسمپاتیک پس از HIIT و کاهش آدنوزین تری فسفات<sup>۴</sup> (ATP)، فسفوکراتین<sup>۵</sup> (PCr) و ذخایر گلیکوژن و همچنین واکنش‌پذیری خودکار و متابولیک است. سازکارهای دیگر زمینه‌ساز افزایش HIIT در توان هوازی نامشخص است، اما ممکن است شامل افزایش ظرفیت اکسیداتیو میتوکندری و افزایش ظرفیت انتشار عضلات اسکلتی و افزایش حجم ضربه ناشی از افزایش انقباض قلبی باشد هم‌چنین شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد ظرفیت هوازی عضلانی به‌دنبال HIIT به‌دلیل افزایش رونویسی با واسطه<sup>۶</sup> PGC-1 $\alpha$  که از طریق فعال‌سازی AMPK رخ می‌دهد افزایش می‌یابد [۴۲].

از نتایج دیگر پژوهش حاضر، بر کاهش معنادار درصد چربی، نمایه<sup>۶</sup> توده بدن، نسبت دورکم به دورلگن در گروه‌های تمرین HIIT و HIG نسبت به گروه کنترل داشت و تفاوتی بین دو گروه تمرین وجود نداشت. نتیجه فراتحلیل Cao و همکاران [۳۴] نشان داد که برنامه<sup>۶</sup> تمرینی HIIT در مقایسه با تمرین مداوم با شدت متوسط<sup>۶</sup> (MICT) می‌تواند به‌طور مؤثر شاخص‌های ترکیب بدن مانند BMI و درصد چربی بدن را کاهش و به‌طور قابل توجهی دور کم افراد دارای اضافه وزن یا چاق را بهبود بخشد. علاوه بر این، عوامل یک برنامه<sup>۶</sup> تمرین HIIT، مانند مدت زمان تمرین، زمان و نسبت کار به استراحت، بر اثرات تمرین تأثیرگذار هستند [۴۳]. Eddolls و همکاران [۸] بهبود قابل توجهی در BMI، مجموع چین‌های پوستی و درصد چربی بدن مرتبط با اندازه اثر متوسط تا بزرگ را پس از مداخله شش تا هشت هفته‌ای در مقایسه با فعالیت‌های با شدت متوسط گزارش کرده است [۸]. این کاهش‌های گزارش شده می‌تواند به تغییر نوع الیاف عضلانی یا ظرفیت ذخیره<sup>۶</sup> گلیکوژن در عضلات بعد از تمرین مربوط باشد.

تنظیم آن ممکن است منجر به چاقی، دیابت و تصلب شرایین شود [۳۲]. همچنین کاتکولامین‌ها به‌ویژه اپی‌نفرین، لیپولیز را تحریک می‌کنند و تا حد زیادی مسئول آزادسازی چربی از ذخایر چربی زیرجلدی و داخل عضلانی هستند. با وجود گیرنده‌های بتا آدرنرژیک بیش‌تر در مقایسه با چربی زیرجلدی شکمی ممکن است HIIT پتانسیل کاهش ذخایر چربی شکم را داشته باشد [۳۳].

از یافته‌های دیگر این مطالعه، افزایش توان هوازی در گروه تمرین HIIT و HIG نسبت به گروه کنترل بود و تفاوتی بین دو گروه تمرین وجود نداشت. این نتایج با برخی مطالعات که اثر HIIT بر روی توان هوازی را بررسی کرده‌اند، هم‌سو بوده است [۳۴، ۱۲، ۱۱]، و با نتایج معدودی از تحقیقات انجام شده [۳۶، ۳۵] ناهمسو بود. دلیل این ناهمسوئی را می‌توان به عوامل اثر گذار در برنامه تمرین مانند روش، مدت، شدت، زمان تمرین و آزمایش‌های میدانی مختلف برای ارزیابی آمادگی قلبی تنفسی نسبت داد. به‌طوری که در نتایج Cao و همکاران [۳۴] که دویدن ممکن است مزایای سلامتی بیش‌تری نسبت به دوچرخه سواری داشته باشد. البته هنگامی که کودکان چاق درگیر HIIT می‌شوند، باید نگران باشیم که افزایش گشتاور مفصل و نیروهای واکنش زمین ممکن است خطر تخریب مفصل را در کودکان و نوجوانان چاق افزایش دهد [۳۴].

یک تعامل مولکولی پیچیده توسط HIIT در عضله اسکلتی به‌منظور افزایش رگ‌زایی، بیورژنز میتوکندری، آنزیم‌های اکسیداتیو فعال می‌شود که محرک سلولی برای سازگاری هوازی به فعال‌سازی مسیر<sup>۱</sup> AMPK-PGC1 $\alpha$  یا فعال‌سازی CAMK-PGC1 $\alpha$  وابسته است و AMPK-PGC1 $\alpha$ ، HIIT، بیشتر نسبت به CAMK-PGC1 $\alpha$  فعال می‌کند [۳۷]. در سطح عضلات اسکلتی، مسیر سیگنالینگ AMPK-PGC-1 $\alpha$  به‌عنوان یکی از قوی‌ترین محرک‌های بیورژنز میتوکندری در عضله اسکلتی شناخته می‌شود. PGC-1 $\alpha$  با تحریک دو عامل تنفسی هسته‌ای<sup>۲</sup> (NRF) ۱ و ۲ که به‌ترتیب عوامل رونویسی در تنظیم بیورژنز میتوکندری و سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی دخیل هستند، در بسیاری از فرایندها نقش دارد [۳۸]. بیورژنز (زیست زایی) میتوکندری برای حفظ یکپارچگی ساختاری عضله اسکلتی ضروری است، فعال شدن مسیرهای سیگنالینگ منجر

3 Cardiorespiratory fitness

4 Adenosine triphosphate

5 Phosphocreatine

6 Moderate Intensity Continuous Training

1 Activated protein kinase- proliferator-activated receptor- gamma coactivator

2 Nuclear respiratory factor

اکسیژن اضافی پس از تمرین و در نتیجه افزایش حالت چربی سوزی می‌شود که به‌طور قابل توجهی بعد از HIIT افزایش می‌یابد [۴۸]. از آنجا که از آنجا که گیرنده‌های  $\beta_3$ -آدرنرژیک<sup>۲</sup> عمدتاً در بافت چربی قرار دارند و حساسیت گیرنده بتاآدرنرژیک در بافت چربی به‌دنبال ورزش افزایش می‌یابد، این عوامل ممکن است توضیح دهند که چرا HIIT در کاهش چربی بدن در افراد دارای اضافه وزن یا چاق مؤثر است [۴۹]. بر این اساس مدت زمان تمرین و استراحت، تأثیر بلوغ و برنامه غذایی می‌تواند علت اختلاف یافته‌های مطالعه حاضر با مطالعه‌های فوق باشد.

### نتیجه گیری

باتوجه به یافته‌های این پژوهش می‌توان عنوان کرد که هر دو شیوه تمرینی در بهبود ترکیب بدن و توان هوازی مؤثر بودند و تفاوت معناداری نداشتند. به‌طور خاص، HIG در برخی از شاخص‌های نیمرخ چربی (TG، HDL و LDL) مؤثرتر از HIIT بود. باتوجه به نتایج تحقیق حاضر مبنی بر تفاوت معنادار برخی شاخص‌های نیمرخ چربی در گروه‌های تمرین، می‌توان پیشنهاد کرد که مداخلاتی مبتنی بر بازی تناوبی با شدت بالا برای کودکان دارای اضافه‌وزن و چاقی که جدایت دارد، برای کسب فواید بیش‌تر طراحی شود.

### حامی / حامیان مالی

برای مقاله حاضر حامی مالی وجود ندارد.

### مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی مقاله مشارکت یکسان داشته‌اند.

### تعارض منافع

نویسندگان مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافی در پژوهش حاضر وجود ندارد.

### سپاسگزاری

نویسندگان از شرکت آزمودنی‌ها در پژوهش حاضر کمال تشکر دارند.

بنابراین، ما معتقدیم که بهتر است جلسات تمرینی را در سطوح بالای شدت تکرار کنیم، که ممکن است نوجوانان را به فشار آوردن به متابولیسم گلیکولیتیک (فرو کافت مواد قندی، هضم قند) عادت دهد و امکان بافر کردن اسید لاکتیک را به‌طور تدریجی قوی‌تر کند [۴۴].

سازکارهای فیزیولوژیکی HIIT و MICT در بهبود ترکیب بدن متفاوت است. ورزش با شدت متوسط ممکن است شامل افزایش سرعت چربی سوزی به‌عنوان یک ماتریکس، با آزادسازی مداوم اسیدهای چرب آزاد<sup>۱</sup> (FFAs) و اکسیداسیون متعاقب آن FFAs باشد، درحالی‌که سازکارهای بالقوه HIIT در کاهش چربی شامل افزایش کاتکولامین‌ها پس از آن است. فعالیت ورزشی که اکسیداسیون چربی و تجزیه بافت چربی احشایی را بهبود می‌بخشد، کاهش اشتها و افزایش مصرف بیش از حد اکسیژن پس از ورزش پس از HIIT به‌دنبال دارد [۴۵]. اگرچه سازکار کاهش چربی و کاهش وزن پس از HIIT نامشخص است، اما می‌تواند ناشی از افزایش متابولیسم پس از ورزش باشد. این فرضیه وجود دارد که تمرینات HIIT می‌تواند پدیده «مصرف بیش از حد اکسیژن» را ایجاد کند، پس از پایان تمرین، بدن در طول دوره بهبودی نیاز به مصرف اکسیژن بیشتری برای جبران انرژی از دست رفته دارد، و مقدار زیادی چربی باعث می‌شود بسیج شوند تا در تامین انرژی شرکت کنند، بنابراین تجمع TG در بدن کاهش می‌یابد، که به بهبود وضعیت متابولیسم چربی در طولانی مدت کمک می‌کند [۴۶]. علاوه بر این، HIIT به‌طور قابل توجهی سطوح بتای‌هیدروکسی‌آسیل‌کوآ دهیدروژناز میتوکندری عضلانی را افزایش می‌دهد، که ممکن است کاهش چربی را افزایش دهد. علاوه بر این، سنتز مجدد گلیکوژن در طول و بعد از HIIT اتفاق می‌افتد و نیاز به حذف لاکتات و H+ اکسیداسیون چربی را افزایش می‌دهد. در نتیجه، HIIT و سایر روش‌های تمرینی نشان دهنده مداخله مهمی برای کاهش وزن هستند، زیرا پتانسیل کاهش توده چربی بدن، افزایش توده بدون چربی و حفظ یا افزایش سرعت متابولیسم در حالت استراحت را دارند [۴۷].

یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که HIG و به‌ویژه HIIT محرکی مؤثر برای کاهش سطح چربی بدن افراد چاق و دارای اضافه‌وزن است. سازکارهای احتمالی زیربنای کاهش چربی ناشی از HIIT شامل تولید کاتکولامین‌هایی است که باعث افزایش اکسیداسیون چربی و آزادسازی چربی از ذخایر چربی احشایی، کاهش اشتها پس از ورزش و افزایش مصرف

<sup>1</sup> Free Fatty Acids

<sup>2</sup> Adrenergic receptor

## References

1. Scott B, Bolton KA, Strugnell C, Allender S, Marks J. Weight status and obesity-related dietary behaviours among culturally and linguistically diverse (CALD) children in Victoria, Australia. *BMC pediatrics*. 2019; 19:1-9.
2. Skinner AC, Ravanbakht SN, Skelton JA, Perrin EM, Armstrong SC. Prevalence of obesity and severe obesity in US children, 1999–2016. *Pediatrics*. 2018; 141(3).
3. Gepstein V, Weiss R. Obesity as the main risk factor for metabolic syndrome in children. *Frontiers in endocrinology*. 2019; 10:568.
4. Faienza MF, Wang DQ, Frühbeck G, Garruti G, Portincasa P. The dangerous link between childhood and adulthood predictors of obesity and metabolic syndrome. *Internal and emergency medicine*. 2016; 11:175-82.
5. Ross R, Blair SN, Arena R, Church TS, Després J-P, Franklin BA, et al. Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: a case for fitness as a clinical vital sign: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2016; 134(24):e653-e99.
6. Smith L, Gardner B, Aggio D, Hamer M. Association between participation in outdoor play and sport at 10 years old with physical activity in adulthood. *Preventive medicine*. 2015; 74:31-5.
7. Sigal RJ, Alberga AS, Goldfield GS, Prud'homme D, Hadjiyannakis S, Gougeon R, et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on percentage body fat and cardiometabolic risk markers in obese adolescents: the healthy eating aerobic and resistance training in youth randomized clinical trial. *JAMA pediatrics*. 2014; 168(11):1006-14.
8. Eddolls WT, McNarry MA, Stratton G, Winn CO, Mackintosh KA. High-intensity interval training interventions in children and adolescents: a systematic review. *Sports medicine*. 2017; 47:2363-74.
9. Jafari A. *The impact of traditional educational games on the academic achievement of elementary school students in Tehran*: PhD Dissertation. Tajik National University; 2011.
10. Bendiksen M, Williams CA, Hornstrup T, Clausen H, Kloppenborg J, Shumikhin D, et al. Heart rate response and fitness effects of various types of physical education for 8-to 9-year-old schoolchildren. *European journal of sport science*. 2014; 14(8):861-9.
11. Martínez-Vizcaíno V, Soriano-Cano A, Garrido-Miguel M, Cavero-Redondo I, Medio EPd, Madrid VM, et al. The effectiveness of a high-intensity interval games intervention in schoolchildren: A cluster-randomized trial. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2022; 32(4):765-81.
12. Bogataj Š, Trajković N, Cadenas-Sanchez C, Sember V. Effects of school-based exercise and nutrition intervention on body composition and physical fitness in overweight adolescent girls. *Nutrients*. 2021; 13(1):238.
13. Ariningsih D. The effectiveness of high intensity interval training on heart rate variability in overweight and obesity. *Sport and Fitness Journal*. 2021; 9(2):96.
14. Golshan H, Toloe ME, Abbasi H, Namiranian N. Effect of different HIIT protocols on the glycemic control and lipids profile in men with type 2 diabetes: a randomized control trial. *Iranian journal of diabetes and obesity*. 2020.
15. Tottori N, Morita N, Ueta K, Fujita S. Effects of high intensity interval training on executive function in children aged 8–12 years. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019; 16(21):4127.
16. Khammassi M, Ouerghi N, Hady-Taieb S, Feki M, Thivel D, Bouassida A. Impact of a 12-week high-intensity interval training without caloric restriction on body composition and lipid profile in sedentary healthy overweight/obese youth. *Journal of exercise rehabilitation*. 2018; 14(1):118.
17. Kim K-B, Kim K, Kim C, Kang S-J, Kim HJ, Yoon S, et al. Effects of exercise on the body composition and lipid profile of individuals with obesity: a systematic review and meta-analysis. *Journal of obesity & metabolic syndrome*. 2019; 28(4):278.
18. Tayebi S M, Saeidi A, Shahghasi R, Golmohammadi M. The Eight-Week Circuit Resistance Training Decreased the Serum Levels of WISP-1 and WISP-2 in Individuals with Type 2 Diabetes. *Ann Appl Sport Sci*. 2023; 11 (4)
19. Segovia Y, Gutiérrez D. Effect of a game-based high intensity interval training program on body composition in primary education: comparison of the Sport Education model and traditional methodology. *Journal of Physical Education and Sport*. 2020; 20(2):791-9.
20. Tg L. Anthropometric standardization reference manual. *Human kinetics books*. 1988; 55-68.
21. Leger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of sports sciences*. 1988; 6(2):93-101.
22. Bauer N, Sperlich B, Holmberg H-C, Engel FA. Effects of high-intensity interval training in school on the physical performance and health of children and adolescents: a systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine-Open*. 2022; 8(1):50.
23. Dias KA, Coombes JS, Green DJ, Gomersall SR, Keating SE, Tjonna AE, et al. Effects of exercise intensity and nutrition advice on myocardial function in obese children and adolescents: a multicentre randomised controlled trial study protocol. *BMJ open*. 2016; 6(4):e010929.
24. Machado FA, Denadai BS. Validity of maximum heart rate prediction equations for children and adolescents. *Arquivos brasileiros de cardiologia*. 2011; 97:136-40.
25. Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clinical Chemistry*. 1972; 18(6):499-502.
26. Chuensiri N, Suksom D, Tanaka H. Effects of high-intensity intermittent training on vascular function in obese preadolescent boys. *Childhood Obesity*. 2018; 14(1):41-9.
27. Pozuelo-Carrascosa DP, Cavero-Redondo I, Herraiz-Adillo A, Diez-Fernandez A, Sanchez-Lopez M, Martinez-Vizcaino V. School-based exercise

- programs and cardiometabolic risk factors: A meta-analysis. *Pediatrics*. 2018; 142(5).
28. Henderson GC, Fattor JA, Horning MA, Faghini N, Johnson ML, Mau TL, et al. Lipolysis and fatty acid metabolism in men and women during the postexercise recovery period. *The Journal of physiology*. 2007; 584(3):963-81.
  29. Sabag A, Little JP, Johnson NA. Low-volume high-intensity interval training for cardiometabolic health. *The Journal of physiology*. 2022; 600(5):1013-26.
  30. McMurray RG, Hackney AC. Interactions of metabolic hormones, adipose tissue and exercise. *Sports medicine*. 2005; 35:393-412.
  31. Radom-Aizik S, Zaldivar Jr F, Leu S-Y, Cooper DM. A brief bout of exercise alters gene expression and distinct gene pathways in peripheral blood mononuclear cells of early-and late-pubertal females. *Journal of applied physiology*. 2009; 107(1):168-75.
  32. Hao Y, Ma X, Luo Y, Hu X, Pan X, Xiao Y, et al. Associations of serum adipocyte fatty acid binding protein with body composition and fat distribution in nondiabetic Chinese women. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2015; 100(5):2055-62.
  33. Rebuffé-Scrive M, Andersson B, Olbe L, Björntorp P. Metabolism of adipose tissue in intraabdominal depots of nonobese men and women. *Metabolism*. 1989; 38(5):453-8.
  34. Cao M, Tang Y, Li S, Zou Y. Effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on cardiometabolic risk factors in overweight and obesity children and adolescents: a meta-analysis of randomized controlled trials. *International journal of environmental research and public health*. 2021; 18(22):11905.
  35. Starkoff BE, Eneli IU, Bonny AE, Hoffman RP, Devor ST. Estimated aerobic capacity changes in adolescents with obesity following high intensity interval exercise. *International Journal of Kinesiology and Sports Science*. 2014; 2(3):1-8.
  36. Corte de Araujo AC, Roschel H, Picanço AR, do Prado DM, Villares SM, de Sá Pinto AL, Gualano B. Similar health benefits of endurance and high-intensity interval training in obese children. *PLoS One*. 2012; 7(8):e42747.
  37. Laursen PB. Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2010; 20:1-10.
  38. Gureev AP, Shaforostova EA, Popov VN. Regulation of mitochondrial biogenesis as a way for active longevity: interaction between the Nrf2 and PGC-1 $\alpha$  signaling pathways. *Frontiers in genetics*. 2019; 10:435.
  39. Weston KS, Wisløff U, Coombes JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*. 2014; 48(16):1227-34.
  40. Silva DAS, Lima TRd, Tremblay MS. Association between resting heart rate and health-related physical fitness in Brazilian adolescents. *BioMed research international*. 2018; 2018.
  41. Fernandes RA, Vaz Ronque ER, Venturini D, Barbosa DS, Silva DP, Cogo CT, et al. Resting heart rate: its correlations and potential for screening metabolic dysfunctions in adolescents. *BMC pediatrics*. 2013; 13:1-7.
  42. Helgerud J, Høydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, et al. Aerobic high-intensity intervals improve V $\dot{O}_2$ max more than moderate training. *Medicine & science in sports & exercise*. 2007; 39(4):665-71.
  43. Cao M, Quan M, Zhuang J. Effect of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on cardiorespiratory fitness in children and adolescents: a meta-analysis. *International journal of environmental research and public health*. 2019; 16(9):1533.
  44. Racil G CM, Coquart J, Padulo J, Teodor DF, Russo L. Long-and Short-Term High-Intensity Interval Training on Lipid Profile and Cardiovascular Disorders in Obese Male Adolescents. *Children*. 2023; 10(7):1180.
  45. Boutcher SH. High-intensity intermittent exercise and fat loss. *Journal of obesity*. 2011; 2011.
  46. Wang X, Fan M, Meng Q, Wu H, Liu T. A Study on the Effect of High Intensity Interval Training on Lipid Metabolism and Serum Inflammatory Factors in Overweight Girls. *Kurdish Studies*. 2024; 12(1):4859-69.
  47. Alahmadi M. High-intensity interval training and obesity. *J Nov Physiother*. 2014; 4(3):211.
  48. Vincent S, Berthon P, Zouhal H, Moussa E, Catheline M, Bentue-Ferrer D, et al. Plasma glucose, insulin and catecholamine responses to a Wingate test in physically active women and men. *European journal of applied physiology*. 2004; 91:15-21.
  49. Collins S, Surwit RS. The beta-adrenergic receptors and the control of adipose tissue metabolism and thermogenesis. *Recent progress in hormone research*. 2001; 56:309-28.