Systematic Review

Comparison of the effect of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on cardiometabolic factors in children and teenagers with overweight and obesity: A systematic review and meta-analysis

Kazeminasab F*, Ahmadinejad S, Shojaei M

Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Humanities, University of Kashan, Kashan, I.R. Iran.

Received: 2023/05/5 | Accepted: 2023/07/4

Abstract:

Background: The aim of this review study was to compare the effect of high-intensity interval training (HIIT), and moderate-intensity continuous training (MICT) on cardiometabolic factors in children and teenagers with overweight and obesity.
Materials and Methods: A systematic search was conducted in PubMed, Web of Science, SID, Magiran, and Google Scholar databases for English and Persian articles published until December 2022. A meta-analysis was performed to compare the effect of HIIT and MICT on cardiometabolic factors (body fat percentage, free fat mass, maximum oxygen consumption, systolic blood pressure (SBP), and diastolic blood pressure (DBS) in children and teenagers with overweight and obesity.
Results: The results of 15 studies with 429 children and teenagers with overweight and obesity showed that HIIT caused a significant decrease in body fat percentage [WMD=-0.59, *P*=0.04], and SBP [WMD=-1.98, *P*=0.004]. In addition, the results showed that HIIT caused a significant increase in the maximum oxygen consumption [SMD=0.65, *P*=0.001], compared to MICT in children and teenagers with overweight and obesity. In contrast, HIIT causes a non-significant change in free fat mass [WMD=0.65, *P*=0.5], serum HDL [SMD=0.06, (CI: *P*=0.5], DBP [WMD=-0.6, *P*=0.7], and body weight [WMD=-0.33, *P*=0.7], compared to MICT in children and teenagers with overweight and obesity.
Conclusion: HIIT reduces body fat percentage and SBP, and increases maximum oxygen consumption, compared to MICT in children and teenagers with overweight and obesity. Therefore, HIIT is recommended as a non-drug solution to reduce cardiometabolic risk factors in children and teenagers with overweight and obesity.

Keywords: High-intensity interval training, Moderate-intensity continuous training, Maximum oxygen consumption, Fat percent, Children, Obesity

***Corresponding Author**
Email: fkazeminasab@kasahnu.ac.ir
Tel: 0098 315 591 3706
Fax: 0098 315 591 3706

Conflict of Interests: ***No***

Feyz, Journal of Kashan University of Medical Sciences, August, 2023; Vol. 27, No 3, Pages 326-339

Please cite this article as: Kazeminasab F, Ahmadinejad S, Shojaei M. Comparison of the effect of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on cardiometabolic factors in children and teenagers with overweight and obesity: A systematic review and meta-analysis. ***Feyz*** 2023; 27(3): 326-39.

مقایسه اثر تمرینات تناوبی با شدت بالا و تمرینات تداومی با شدت متوسط بر عوامل کاردیومتابولیک در کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق: یک مرور نظام مند و فراتحلیل

فاطمه کاظمی نسب[۱*]، سعیده احمدی نژاد[۲]، محدثه شجاعی[۳]

خلاصه:

سابقه و هدف: هدف مطالعه مروری حاضر مقایسه اثر تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) و تمرینات تداومی با شدت متوسط (MICT) بر عوامل کاردیومتابولیک در کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق بود.

مواد و روش‌ها: جستجوی سیستماتیک در پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed، Web of Science، SID، Magiran و Google scholar برای مقالات انگلیسی و فارسی منتشر شده تا دسامبر ۲۰۲۲ انجام شد. فراتحلیل برای مقایسه اثر HIIT و MICT بر عوامل کاردیومتابولیک (درصد چربی بدن، توده بدون چربی، حداکثر اکسیژن مصرفی، فشار خون سیستولی و فشار خون دیاستولی) در کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق انجام شد.

نتایج: نتایج ۱۵ مطالعه با جامعه آماری ۴۲۹ کودک و نوجوان دارای اضافه وزن و چاق نشان داد که HIIT نسبت به MICT سبب کاهش معنادار درصد چربی بدن [P=۰/۰۴، WMD=-۰/۵۹]، فشار خون سیستولی [P=۰/۰۰۴، WMD=-۱/۹۸] و همچنین باعث افزایش معنادار حداکثر اکسیژن مصرفی [P=۰/۰۰۱، SMD=۰/۶۵] در کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق شده است. در مقابل، HIIT در مقایسه با MICT سبب تغییر معنادار توده بدون چربی [P=۰/۵، WMD=۰/۶۵] و فشار خون دیاستولی [P=۰/۷، WMD=-۰/۶] و وزن بدن [P=۰/۷، WMD=-۰/۳۳] در کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق نشده است.

نتیجه‌گیری: HIIT در مقایسه با MICT سبب کاهش درصد چربی بدن، فشار خون سیستولی و افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی می‌شود. بنابراین، HIIT به عنوان یک راهکار غیردارویی محتمل برای کاهش عوامل خطر کاردیومتابولیک برای کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: تمرینات تناوبی با شدت بالا، تمرینات تداومی با شدت متوسط، حداکثر اکسیژن مصرفی، درصد چربی بدن، کودکان، چاقی

دوماه‌نامه علمی - پژوهشی فیض، دوره بیست و هفتم، شماره ۳، مرداد-شهریور ۱۴۰۲، صفحات ۳۳۹-۳۲۶

مقدمه

امروزه از چاقی به عنوان یک بیماری متابولیک مزمن یاد می‌شود که در اثر تجمع بیش از حد چربی در بدن به وجود می‌آید [۱]. این بیماری علاوه بر بزرگسالان، کودکان و نوجوانان را نیز درگیر می‌کند.

۱. استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

* نشانی نویسنده مسؤول:

کاشان، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان

تلفن: ۰۳۱ ۵۵۹۱۳۷۰۶ دورنویس: ۰۳۱ ۵۵۹۱۳۷۰۶

پست الکترونیک: fkazeminasab@kashanu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۱۵ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۴/۱۳

محققان به این نتیجه رسیده‌اند که کودکان چاق بزرگتر از ۱۰ سال در آینده با احتمال بیشتری به بیماری‌هایی همچون فشار خون، اختلالات چربی خون و بیماری‌های قلبی عروقی مبتلا خواهند شد [۲]. در سراسر جهان بیماری چاقی در دو دهه اخیر به یک اپیدمی فراگیر در کودکان تبدیل شده است [۳]. بیماری چاقی با وجود قابل پیشگیری بودن، می‌تواند باعث شیوع زودرس انواع بیماری‌های مزمن همچون دیابت نوع دو، اختلالات متابولیسمی، فشارخون، بیماری‌های قلبی و عروقی از جمله آترواسکلروز، اختلال عملکرد اندوتلیال، آرتریت و حتی سرطان شود. همچنین در صورت عدم اقدام به موقع می‌تواند سبب مرگ و میر زودرس در افراد گردد [۴, ۵].

پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که فعالیت بدنی منظم به عنوان یکی از مداخله‌های مهم کم هزینه و در دسترس می‌تواند سبب کاهش چربی بدن، کاهش التهاب و به دنبال آن کاهش بیماری‌های قلبی عروقی و در نهایت مدیریت اختلالات مرتبط با چاقی شود [۴, ۶]. از طرف

دیگر، تمرینات هوازی می‌تواند باعث افزایش آمادگی قلبی تنفسی، کاهش عوامل خطر بیماری‌های قلبی عروقی، کاهش تعدیل سیستم سمپاتیک قلب در بزرگسالان (بالای ۱۸ سال) و فشار خون سیستولیک در نوجوانان (۱۹ تا ۲۲ سال) شود [۶، ۷]. با وجود فواید اثبات شده اثر تمرینات هوازی در بهبود پروفایل چربی، توصیه کالج پزشکی ورزشی آمریکا افزودن تمرینات تناوبی با شدت بالا (High (HIIT Intensity Interval Training در برنامه تمرینی نوجوانان چاق است. در مطالعات اخیر مشاهده شده است که HIIT می‌تواند جایگزین مناسب و راهبرد بهتری برای تمرینات تداومی با شدت متوسط moderate-intensity continuous training (MICT) در بهبود عملکرد قلبی عروقی و مدیریت وزن بدن باشد، زیرا این نوع تمرینات باعث افزایش مصرف انرژی و بهبود کنترل اشتها در بزرگسالان، نوجوانان و کودکان چاق می‌شود [۸]. همچنین مطالعات گزارش کرده‌اند که HIIT در بهبود ترکیب بدن یا سایر پارامترهای سلامتی کودکان و نوجوانان چاق از نظر زمانی کارآمدتر از MICT است، زیرا علاوه بر لذت بردن کودکان در طول اجرای HIIT به دلیل تنوع تمرینات (تکرار تمرین و استراحت) و در نتیجه پایبندی طولانی مدت افراد به این نوع تمرینات، میزان اثربخشی این نوع تمرینات برای افزایش آمادگی قلبی تنفسی بالاتر است [۹، ۱۰]. جذابیت اصلی HIIT این است که این نوع تمرینات را می‌توان در مدت زمان کوتاهی (در مقایسه با تمرینات هوازی سنتی) اجرا کرد [۱۱]. به علاوه تمرینات HIIT در مقایسه با MICT دستاوردهای قلبی متابولیک برابر یا بهتری را در یک دوره زمانی کوتاه‌تر ایجاد می‌کند، در حالی که هیچ تأثیری بر ترکیب بدن و آمادگی عضلانی ندارد [۱۲]. HIIT در قالب توصیه شده (۴ تکرار ۴ دقیقه‌ای)، دو برابر موثرتر از MICT برای افزایش آمادگی قلبی و تنفسی در بزرگسالان است [۹]. در یک مطالعه فراتحلیل اخیر که ترکیبی از ۶ مطالعه مداخله‌ای در کودکان و نوجوانان چاق بود، HIIT نسبت به سایر انواع تمرینات ورزشی (تمرین تداومی با شدت متوسط، تمرین تناوبی با شدت متوسط و تمرین تناوبی با شدت کم) باعث کاهش بیشتر فشارخون سیستولیک و افزایش بیشتر حداکثر جذب اکسیژن (VO2max) شد [۱۳]. علاوه بر این، محققان گزارش کردند HIIT در مقایسه با MICT باعث افزایش دوبرابری عملکرد گشادکننده اندوتلیال در بزرگسالان مبتلا به بیماری‌های متابولیک و قلبی عروقی می‌شود [۱۴].

با توجه به اینکه تمرین ورزشی یکی از مداخلات اصلی و مهم در مدیریت چاقی برای نوجوانان و کودکان است؛ دستیابی به انتخاب نوع تمرین ایده‌آل برای درمان این بیماری و عوارض آن بسیار حائز اهمیت است. با وجود آثار مفید هر دو نوع تمرینات HIIT و MICT بر بهبود عوامل خطر کاردیومتابولیک، مطالعه فراتحلیلی در خصوص مقایسه مستقیم تمرین HIIT و MICT وجود ندارد تا مشخص شود کدام نوع تمرین اثرگذاری بیشتری بر این عوامل دارد. لذا این رویکرد مقایسه مستقیم پروتکل‌های تمرین ورزشی منجر به شفاف‌سازی اثرات مفید تمرین بر عوامل خطر کاردیومتابولیک در کودکان دارای اضافه وزن و چاق خواهد داشت. بنابراین هدف این مطالعه مرور سیستماتیک-فراتحلیل، مقایسه اثر تمرینات HIIT و MICT بر عوامل خطر کاردیومتابولیک در کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از نوع مطالعات مروری سیستماتیک با فراتحلیل است که بر اساس دستورالعمل Cochrane و PRISMA انجام شد [۱۵، ۱۶].

منابع داده‌ها و روش‌های جستجو

برای استخراج مقالات، جستجو در پایگاه داده‌های PubMed و Web of science و Scopus تا دسامبر سال ۲۰۲۲ (بدون هیچ محدودیت زمانی) برای مقالات انگلیسی با استفاده از کلمات کلیدی "high intensity interval training"، "high intensity" "high intensity intermittent interval exercise training"، "sprint interval training"، "sprint interval" "exercise" "SIT" و "HIIT" برای کلیدواژه تمرین ورزشی، "overweight"، "obese" برای کلیدواژه اضافه وزن و چاقی، "child"، "children"، "pediatric"، "adolescen*"، "teenager"، "student*" و "teener" برای کلیدواژه کودک و نوجوان، "body fat"، "adiposity"، "body composition"، "abdominal fat"، "visceral fat"، "adipose tissue"، "free fat mass"، "fat percent"، "fat mass"، "blood pressure"، "systolic pressure"، "systolic blood pressure"، "diastolic pressure"، "diastolic blood pressure"، "hypertension"، "hypertensive"، "SBP"، "DBP"، "Maximal oxygen uptake"، "peak oxygen uptake"، "cardiorespiratory fitness"، "vo2max" برای متغیرهای پژوهش انجام شد. روش جستجو در پایگاه داده PubMed در جدول ضمیمه ۱ اشاره شده است. همچنین جستجو در پایگاه داده‌های SID و Magiran برای مقالات فارسی تا آذر ۱۴۰۱ با استفاده از کلمات

کلیدی «تمرین تناوبی با شدت بالا»، «تمرین سرعتی»، «تمرین تداومی با شدت متوسط»، «اضافه وزن»، «چاقی» و «کودک»، «نوجوان»، «درصد چربی بدن» و «توده بدون چربی»، «توده عضلانی» یا «حداکثر اکسیژن مصرفی»، «فشارخون سیستولی»، «فشارخون دیاستولی»، «پرفشاری خون»، «عوامل قلبی متابولیکی» و «عوامل قلبی تنفسی» انجام شد. در ادامه، فهرست منابع مقالات استخراج شده و همچنین مقالات استناد کننده به آنها نیز به روش دستی در Google scholar مورد بررسی قرار گرفت. جستجو پایگاه داده‌ها به صورت مستقل توسط دو محقق انجام شد.

معیارهای ورود و خروج مقالات

معیارهای ورود مقالات برای انجام مطالعه فراتحلیل به این شرح بود: ۱- مطالعات منتشر شده به زبان انگلیسی یا فارسی؛ ۲- مطالعات انجام شده بر روی کودکان و نوجوانان چاق (کمتر از ۱۸ سال)؛ ۳- مطالعات بررسی کننده مقایسه اثر تمرینات تناوبی با شدت بالا و تمرینات تداومی با شدت متوسط؛ ۴- مطالعات با آزمودنی‌های کودک با رده سنی ۶-۱۲ و با آزمودنی‌های نوجوان با رده سنی ۱۳-۱۷؛ ۵- مطالعات با آزمودنی‌های با شاخص توده بدنی (BMI) با صدک بیشتر و مساوی ۸۵ به عنوان فرد دارای اضافه وزن و BMI بیشتر و مساوی ۹۵ به عنوان فرد چاق [۱۷]؛ ۶- مطالعات اندازه‌گیری‌کننده مقادیر درصد چربی بدن، توده بدون چربی بدن (درصد)، توده بدون چربی (کیلوگرم)، حداکثر اکسیژن مصرفی، فشار خونی سیستولی و فشار خون دیاستولی. معیارهای خروج شامل مقالات حیوانی، همایشی، پایان‌نامه، مطالعاتی که مقایسه اثر تمرینات تناوبی با شدت بالا با گروه کنترل (بی‌تحرک) و مقایسه اثر تمرینات تداومی با شدت متوسط با گروه کنترل (بی‌تحرک) را بررسی کرده بودند، و مطالعات متقاطع (crossover) بود. علاوه بر این، مطالعاتی که داده کافی برای انجام فراتحلیل نداشتند، از پژوهش حاضر خارج شدند. بررسی مقالات به صورت مستقل توسط دو محقق انجام شد و هرگونه اختلاف نظر با راهنمایی محقق سوم حل شد.

استخراج داده‌ها

پس از بررسی جامع متن کامل مقالات، اطلاعات مورد نیاز از مقالات توسط دو نویسنده به طور مستقل استخراج شد و هر گونه اختلاف‌نظر با نویسنده سوم مورد بررسی قرار گرفت تا تصمیم نهایی و توافق بین سه پژوهشگر انجام گیرد. اطلاعات مربوط به نام نویسنده اول، سال انتشار، تعداد نمونه، ویژگی آزمونی‌ها شامل سن، کودک یا نوجوان، جنسیت و پروتکل تمرین (تمرین تناوبی، تمرین تداومی، طول مدت مداخله، تعداد جلسات در هفته و شدت تمرین) استخراج شد. متغیرهای این پژوهش شامل درصد چربی بدن، توده بدون چربی بدن (درصد)، توده بدون چربی (کیلوگرم)، حداکثر اکسیژن مصرفی، فشار خونی سیستولی و فشار خون دیاستولی بود که مقادیر این متغیرها در پیش آزمون و پس از آزمون برای هر دو گروه تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) و تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT) استخراج شدند و تفاوت میانگین پیش آزمون و پس آزمون گروه HIIT با تفاوت میانگین پیش آزمون و پس آزمون گروه MICT مقایسه گردیدند. در صورت عدم وجود داده‌های کافی برای انجام فراتحلیل، از طریق ایمیل با نویسنده مسئول مقاله مکاتبه و داده‌ها مربوطه دریافت شد. همچنین، در صورت عدم پاسخگویی از سوی نویسنده مقاله، استخراج داده‌ها از نمودار مقاله با استفاده از getdata و یا تخمین انحراف استاندارد (SD) Standard deviation از خطای استاندارد میانگین (SEM) Standard Error of the Mean صورت گرفت [۱۸].

ارزیابی کیفیت مقالات

ارزیابی کیفیت مطالعات با استفاده از چک لیست ۹ موردی ابزار Pedro، توسط دو نویسنده به طور مستقل، انجام شد [۱۸, ۱۹]. معیارهای ارزیابی Pedro شامل موارد زیر بود: ۱. ضوابط واجد شرایط بودن آزمودنی‌ها مشخص باشد، ۲. تخصیص آزمودنی‌ها در گروه‌های مختلف به صورت تصادفی انجام شده باشد. ۳. آزمودنی‌ها نسبت به گروه بندی‌ها اطلاعی نداشته باشند. ۴. گروه‌ها در ابتدا از نظر وزن بدن همسان باشند، ۵. ارزیابی یکسو کور برای متغیر اصلی وجود داشته باشد (blinding of all assessors)، ۶. تعداد افراد خارج شده از پژوهش کمتر از ۱۵ درصد شرکت کنندگان باشد، ۷. تجزیه و تحلیل به صورت intention to treat (ITT) انجام شده باشد، ۸. تفاوت آماری بین گروهی برای متغیر اصلی گزارش شده باشد، ۹. میانگین، انحراف معیار و میزان معناداری (P) گزارش شده باشد. به تمام سؤالات چک لیست Pedro، با دو گزینه بله یا خیر پاسخ داده شد. امتیاز حداقل صفر و حداکثر ۹ بود که در آن ارزش عددی بالاتر، نمایانگر کیفیت بالاتر پژوهش است.

فراتحلیل

فراتحلیل حاضر برای تعیین مقایسه اثر تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) و تمرینات تداومی با شدت متوسط (MICT) بر عوامل کاردیومتابولیک در کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق انجام شد. برای این منظور، Standardized mean differences (SMD) و فاصله اطمینان ۹۵ درصد (CI) با استفاده

از مدل اثر تصادفی (Random) و مدل اثر تصادفی (Fixed) محاسبه شد. برای تعیین ناهمگونی (عدم تجانس) مطالعات، از آزمون I^2 استفاده گردید که مقدار ناهمگونی طبق دستورالعمل کوکران به شرح زیر <٪۲۵ : ناهمگونی کم، <٪۵۰ : ناهمگونی متوسط، <٪۷۵ : ناهمگونی زیاد تفسیر شد. در صورت وجود ناهمگونی، تحلیل حساسیت (Sensitivity analysis) از طریق خارج کردن یک به یک مطالعات با لحاظ کردن I^2 کمتر از ۵۰ به عنوان ملاک انجام شد [۲۰]. همچنین با استفاده از تفسیر بصری فونل پلات، سوگیری انتشار بررسی شد و در صورت مشاهده سوگیری، تست Egger به عنوان یک تست تعیین‌کننده ثانویه استفاده گردید که در آن P=۰/۱ به عنوان وجود سوگیری انتشار معنی‌دار در نظر گرفته شد. آزمون‌های آماری با استفاده از نرم افزار CMA2 انجام شدند.

نتایج

انتخاب مطالعه

۱۰۶۵ مقاله بر اساس جستجو در پایگاه داده‌ها تا دسامبر ۲۰۲۲ یافت شد. پس از حذف مقالات تکراری (۲۴۲ مقاله)، و پس از بررسی عناوین و چکیده مقالات، در نهایت ۵۰ مقاله برای ارزیابی متن کامل انتخاب شدند. پس از بررسی متن کامل مقالات، ۳۵ مقاله از مطالعه خارج شدند: ۶ مطالعه روی نمونه‌های حیوانی انجام شده بود؛ ۱۰ مطالعه اثر تمرینات تناوبی و تداومی در بزرگسالان چاق را بررسی کرده بودند؛ ۴ مطالعه مروری؛ ۸ مطالعه مقایسه اثر تمرین تناوبی با گروه کنترل (بی‌تحرک) را ارزیابی کرده بود، ۵ مطالعه مقایسه اثر تمرین تداومی با گروه کنترل (بی‌تحرک) را بررسی کرده بود و ۲ مطالعه به دلیل نداشتن داده کافی حذف شدند. در نهایت، ۱۵ مطالعه وارد فراتحلیل شدند (شکل ۱).

ویژگی آزمودنی‌ها

۴۲۹ آزمودنی وارد مطالعه حاضر شدند که همه، کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن یا چاق بودند. محدوده سنی آزمودنی‌ها به ترتیب ۱۰ [۲۱] تا ۱۶ [۲۲] سال بود. وضعیت تمرین افراد در شروع مطالعات، یکسان بود و همه شرکت کنندگان پیش از شروع مداخلات غیرفعال بودند. ۲۱۴ آزمودنی با میانگین سنی ۱۳/۵۴±۱/۴۳ سال در گروه HIIT و ۲۱۵ آزمودنی با میانگین سنی ۱۳/۴۴±۱/۴۶ سال در گروه MICT بودند. تعداد آزمودنی های هر مطالعه در محدوده ۱۳ [۲۳] و ۴۷ نفر [۲۴] بود (جدول ۱).

ویژگی پروتکل‌های تمرین

۱۵ مطالعه (۱۵ مداخله) وارد مطالعه فراتحلیل حاضر شدند که در تمام مطالعات تمرینات تناوبی با شدت بالا با تمرینات تداومی با شدت متوسط مقایسه شده بودند. حداقل مدت هر جلسه تمرین تناوبی ۳۰ و حداکثر ۶۰ دقیقه و شدت این تمرینات از ۷۵ تا ۹۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی بود. حداقل مدت هر جلسه تمرین تداومی ۵۰ دقیقه و حداکثر ۶۰ دقیقه و شدت این تمرینات از ۴۰ تا ۸۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی بود.

کیفیت مطالعات

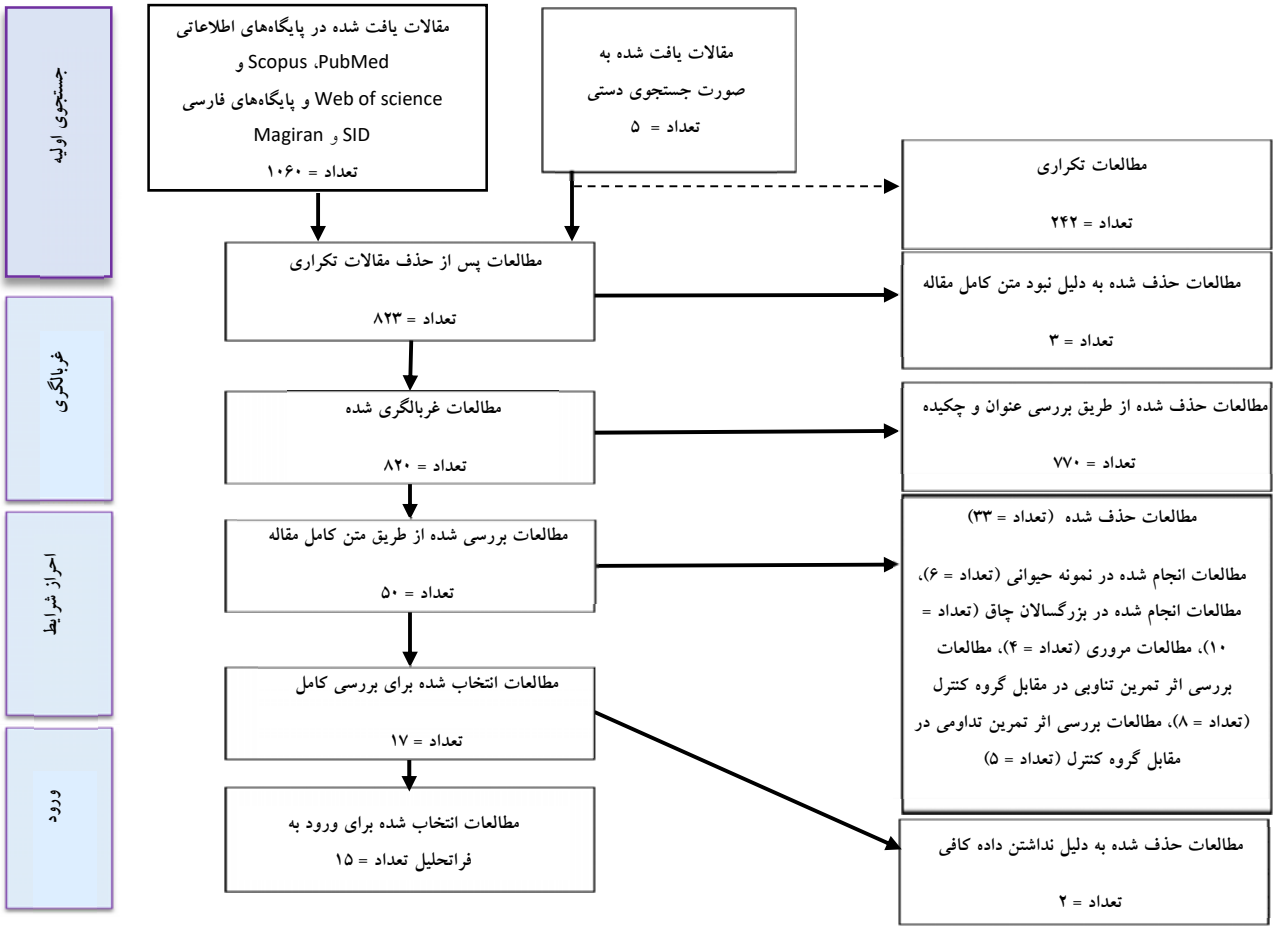
نتایج بررسی کیفیت مقالات با استفاده از Pedro نشان داد که حداقل امتیاز کیفیت مقالات ۴ و حداکثر امتیاز ۸ بود. بیشترین درصد برآورده شدن مربوط به معیارهای شماره ۸ (تفاوت آماری بین گروهی برای متغیر اصلی گزارش شده باشد) و ۹ (میانگین، انحراف معیار و میزان معناداری) و کمترین مربوط به ۷ (تجزیه و تحلیل به صورت ITT) بود (جدول ۲).

نتایج فراتحلیل

تحلیل اصلی

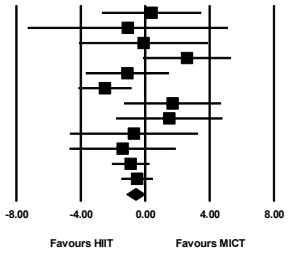
تجزیه و تحلیل داده‌های ۱۲ مداخله نشان داد که تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) نسبت به تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT) سبب کاهش معنادار درصد چربی بدن [P=۰/۰۴، (۱/۱۶- الی ۰/۰۱-) WMD=-۰/۵۹] در کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق می‌شود (شکل ۲). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی بالایی وجود ندارد (P=۰/۱، I^2=۲۴/۳۵). تجزیه و تحلیل داده‌های ۶ مداخله نشان داد که تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) نسبت به تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT) سبب تغییر معنادار توده بدون چربی [P=۰/۵، (۱/۳۹- الی ۲/۷) WMD=۰/۶۵] در کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق نمی‌شود (شکل ۳). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی وجود ندارد (P=۰/۶، I^2=۰/۰۰۰). تجزیه و تحلیل داده‌های ۱۰ مداخله نشان داد که تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) نسبت به تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT) سبب افزایش معنادار حداکثر اکسیژن مصرفی [P=۰/۰۰۱، (۰/۴ الی ۰/۸۹) SMD=۰/۶۵] در کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق می‌شود (شکل ۴). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی بالایی وجود ندارد (P=۰/۲، I^2=۱۹/۹۷). تجزیه و تحلیل داده‌های ۸ مداخله نشان داد که تمرین تناوبی با شدت

بالا (HIIT) نسبت به تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT) سبب کاهش معنادار فشار خون سیستولی [P=۰/۰۰۴، (۳/۳۴- الی ۰/۶۲-) WMD=-۱/۹۸] در کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق می‌شود (شکل ۵). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی بالایی وجود ندارد (P=۰/۳، I^2=۱۳/۱۳). تجزیه و تحلیل داده‌های ۸ مداخله نشان داد که تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) نسبت به تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT) سبب کاهش معنادار فشار خون دیاستولی [P=۰/۷، (۳/۶- الی ۲/۴) ۰/۶- WMD=] در کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق نمی‌شود (شکل ۶). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی بالایی وجود دارد (P=۰/۰۰۱، I^2=۸۰/۳۷). تجزیه و تحلیل داده‌های ۱۲ مداخله نشان داد که تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) نسبت به تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT) سبب کاهش معنادار وزن بدن [P=۰/۷، (۲/۰۵- الی ۱/۳۸) ۰/۳۳- WMD=] در کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق نمی‌شود (شکل ۷). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی بالایی وجود ندارد (P=۰/۸، I^2=۰/۰۰۰).



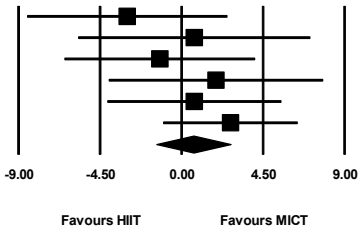
شکل ۱- فلوچارت انتخاب مطالعات

Model	Study name	Difference in means	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value
	Araujo et al. 2012	0.400	1.571	2.467	-2.678	3.478	0.255	0.799
	Cvetkovic et al. 2018	-1.080	3.172	10.062	-7.297	5.137	-0.340	0.733
	Dias et al. 2017	-0.100	2.043	4.173	-4.104	3.904	-0.049	0.961
	Farah et al. 2013	2.600	1.393	1.940	-0.130	5.330	1.867	0.062
	Juliana et al. 2021	-1.100	1.319	1.741	-3.686	1.486	-0.834	0.404
	Lazzar et al. 2016	-2.500	0.840	0.705	-4.146	-0.854	-2.977	0.003
	Maud et al. 2020	1.700	1.535	2.356	-1.308	4.708	1.108	0.268
	Meng et al. 2022	1.500	1.686	2.842	-1.804	4.804	0.890	0.374
	Morrisey et al. 2018	-0.700	2.030	4.123	-4.680	3.280	-0.345	0.730
	Murphy et al. 2014	-1.400	1.684	2.837	-4.701	1.901	-0.831	0.406
	Racil et al. 2013	-0.900	0.592	0.350	-2.060	0.260	-1.521	0.128
	Racil et al. 2016	-0.500	0.497	0.247	-1.475	0.475	-1.005	0.315
Fixed		-0.591	0.295	0.087	-1.169	-0.014	-2.007	0.045



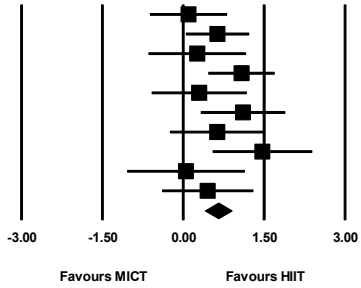
شکل ۲- نمودار انباشت (Forest plot). مقایسه اثر تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) و تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT) بر میزان درصد چربی بدن در کودکان دارای اضافه وزن و چاق

Model	Study name	Difference in means	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value
	Araujo et al. 2012	-3.000	2.817	7.933	-8.520	2.520	-1.065	0.287
	Dias et al. 2017	0.700	3.268	10.678	-5.705	7.105	0.214	0.830
	Koubaa et al. 2013	-1.200	2.685	7.207	-6.462	4.062	-0.447	0.655
	Lazzar et al. 2016	1.900	3.017	9.104	-4.014	7.814	0.630	0.529
	Maud et al. 2020	0.700	2.449	5.995	-4.099	5.499	0.286	0.775
	Meng et al. 2022	2.700	1.892	3.580	-1.008	6.408	1.427	0.154
Fixed		0.657	1.046	1.094	-1.393	2.706	0.628	0.530



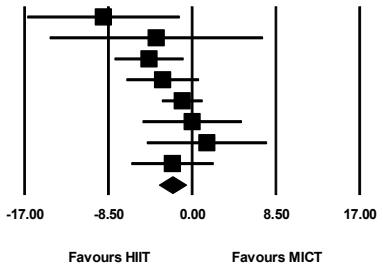
شکل ۳- نمودار انباشت (Forest plot). مقایسه اثر تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) و تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT) بر میزان توده بدون چربی بدن در کودکان دارای اضافه وزن و چاق

Model	Study name	Std diff in means	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value
	Araujo et al. 2012	0.098	0.365	0.133	-0.619	0.814	0.267	0.790
	Dias et al. 2017	0.636	0.300	0.090	0.048	1.223	2.122	0.034
	Farah et al. 2013	0.259	0.461	0.213	-0.645	1.163	0.561	0.575
	Ingul et al. 2018	1.081	0.313	0.098	0.468	1.695	3.456	0.001
	Kargarfard et al. 2016	0.296	0.450	0.202	-0.585	1.178	0.659	0.510
	Koubaa et al. 2013	1.109	0.399	0.159	0.326	1.891	2.778	0.005
	Lazzar et al. 2016	0.631	0.448	0.200	-0.246	1.509	1.410	0.158
	Meng et al. 2022	1.468	0.470	0.221	0.547	2.390	3.122	0.002
	Murphy et al. 2014	0.050	0.556	0.310	-1.041	1.141	0.090	0.928
	Racil et al. 2013	0.454	0.432	0.186	-0.393	1.300	1.051	0.293
Fixed		0.650	0.126	0.016	0.403	0.897	5.156	0.000



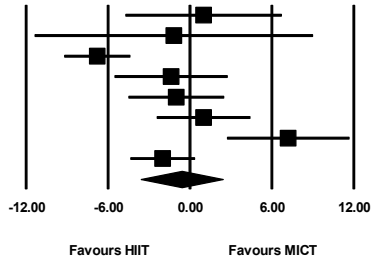
شکل ۴- نمودار انباشت (Forest plot). مقایسه اثر تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) و تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT) بر میزان حداکثر اکسیژن مصرفی در کودکان دارای اضافه وزن و چاق

Model	Study name	Difference in means	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value
	Araujo et al. 2012	-9.000	3.941	15.533	-16.725	-1.275	-2.284	0.022
	Cvetkovic et al. 2018	-3.640	5.516	30.422	-14.450	7.170	-0.660	0.509
	Farah et al. 2013	-4.370	1.785	3.186	-7.869	-0.871	-2.448	0.014
	Kargarfad et al. 2016	-2.990	1.879	3.531	-6.673	0.693	-1.591	0.112
	Kubaa et al. 2013	-1.000	1.054	1.110	-3.065	1.065	-0.949	0.343
	Meng et al. 2022	0.000	2.566	6.584	-5.029	5.029	0.000	1.000
	Morissey et al. 2018	1.500	3.109	9.663	-4.593	7.593	0.483	0.629
	Racil et al. 2016	-2.000	2.130	4.536	-6.174	2.174	-0.939	0.348
Fixed		-1.982	0.695	0.483	-3.343	-0.620	-2.852	0.004



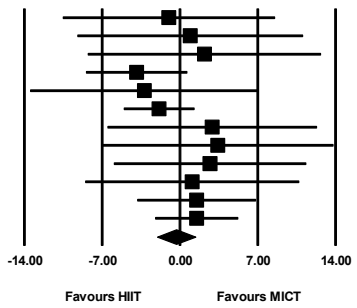
شکل ۵- نمودار انباشت (Forest plot). مقایسه اثر تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) و تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT) بر فشار خون سیستولی در کودکان دارای اضافه وزن و چاق

Model	Study name	Difference in means	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value
	Araujo et al. 2012	1.000	2.921	8.533	-4.725	6.725	0.342	0.732
	Cvetkovic et al. 2018	-1.180	5.200	27.036	-11.371	9.011	-0.227	0.820
	Farah et al. 2013	-6.790	1.232	1.517	-9.204	-4.376	-5.514	0.000
	Kargarfard et al. 2016	-1.380	2.112	4.463	-5.520	2.760	-0.653	0.514
	Kubaa et al. 2013	-1.000	1.788	3.197	-4.504	2.504	-0.559	0.576
	Meng et al. 2022	1.000	1.750	3.062	-2.429	4.429	0.572	0.568
	Morissey et al. 2018	7.200	2.286	5.227	2.719	11.681	3.149	0.002
	Racil et al. 2016	-2.000	1.207	1.456	-4.365	0.365	-1.658	0.097
Random		-0.600	1.532	2.347	-3.603	2.403	-0.392	0.695



شکل ۶- نمودار انباشت (Forest plot). مقایسه اثر تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) و تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT) بر فشار خون دیاستولی در کودکان دارای اضافه وزن و چاق

Model	Study name	Difference in means	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value
	Araujo et al. 2012	-1.000	4.872	23.733	-10.548	8.548	-0.205	0.837
	Cvetkovic et al. 2018	0.930	5.180	26.832	-9.223	11.083	0.180	0.858
	Dias et al. 2017	2.200	5.356	28.683	-8.297	12.697	0.411	0.681
	Farah et al. 2013	-3.900	2.322	5.394	-8.452	0.652	-1.679	0.093
	Juliana et al. 2021	-3.200	5.251	27.573	-13.492	7.092	-0.609	0.542
	Kargarfard et al. 2016	-1.880	1.624	2.638	-5.063	1.303	-1.158	0.247
	Koubaa et al. 2013	2.900	4.805	23.093	-6.519	12.319	0.603	0.546
	Lazzar et al. 2016	3.400	5.314	28.243	-7.016	13.816	0.640	0.522
	Maud et al. 2020	2.700	4.417	19.511	-5.957	11.357	0.611	0.541
	Morissey et al. 2018	1.100	4.913	24.134	-8.529	10.729	0.224	0.823
	Racil et al. 2013	1.500	2.723	7.417	-3.838	6.838	0.551	0.582
	Racil et al. 2016	1.500	1.906	3.631	-2.235	5.235	0.787	0.431
Fixed		-0.337	0.878	0.771	-2.059	1.384	-0.384	0.701



شکل ۷- نمودار انباشت (Forest plot). مقایسه اثر تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) و تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT) بر وزن بدن در کودکان دارای اضافه وزن و چاق

جدول ۱- ویژگی آزمودنی‌ها

مطالعه - سال	نمونه (جنسیت)	ویژگی آزمودنی‌ها	متغیرها	سن (سال)	طول مداخله به هفته (تعداد جلسات در هفته)	مدت تمرین (دقیقه)	شدت تمرین
Dias ۲۰۱۸ [۲۵]	۴۰ پسر و دختر	نوجوان چاق	درصد چربی توده بدون چربی Vo2max	تمرین HIIT: ۱۲/۴±۱/۹ تمرین MICT: ۱۱/۹±۲/۴	۱۲ (۳)	تمرین HIIT: ۴۰ تمرین MICT: ۴۴	تمرین HIIT: تمرین ۴×۴ با ۸۵-۹۵٪ HRmax و ۳ دقیقه ریکاوری با شدت۷۰-۶۰٪ HRmax تمرین MICT: ۷۰-۶۰٪ HRmax
Juliana ۲۰۲۲ [۲۶]	۳۸ پسر و دختر	نوجوان چاق	درصد چربی	تمرین HIIT: ۱۳/۰±۱/۱ تمرین MICT: ۱۳/۰±۱/۱	۱۶ (۴)	تمرین HIIT:۱۵ تمرین MICT: ۴۵	تمرین HIIT: دوچرخه سواری ۳۰ ثانیه تمرین شدید و ۳۰ ثانیه ریکاوری با ۹۰-۷۵٪ Vo2max تمرین MICT: دوچرخه سواری با ۶۰٪ Vo2max
Meng ۲۰۲۲ [۲۷]	۲۳ پسر	نوجوان چاق	توده بدون چربی درصد چربی فشارخون سیستولی فشارخون دیاستولی Vo2max	تمرین HIIT: ۱۱/۴±۰/۸ تمرین MICT: ۱۱/۲±۰/۷	۱۲ (۳)	تمرین HIIT: ۱۵ تمرین MICT: ۳۰	تمرین HIIT: ۲ ست ۸ دوره ای ۱۵ ثانیه با ۱۰۰-۹۰٪ MAS و ۸ دوره استراحت ۱۵ ثانیه با شدت ۵۰٪ MAS تمرین MICT: دویدن با شدت ۷۰-۶۰٪ MAS
Maud ۲۰۲۰ [۲۸]	۴۳ پسر و دختر	نوجوان چاق	درصد چربی توده بدون چربی	تمرین HIIT: ۱۳/۶±۱/۵ تمرین MICT: ۱۳/۶±۱/۵	۱۶ (۲)	تمرین HIIT: ۱۵ تمرین MICT: ۴۵	تمرین HIIT: ۳۰ ثانیه تمرین شدید دوچرخه با ۹۰-۷۵ ٪ Vo2peak و ۳۰ ثانیه استراحت تمرین MICT: دوچرخه سواری با ۶۰٪ Vo2peak
Racil ۲۰۱۶ [۲۹]	۳۵ دختر	نوجوان چاق	درصد چربی فشارخون سیستولی فشارخون دیاستولی	تمرین HIIT:۱۴/۲±۱/۲ تمرین MICT:۱۴/۲±۱/۲	۱۲(۳)	تمرین HIIT:۵۵-۴۳ تمرین MICT:۵۵-۴۳	تمرین HIIT: ۵۰-۱۰۰٪ MAS تمرین MICT: ۵۰-۸۰ ٪ MAS
Morrissey ۲۰۱۸ [۳۰]	۲۹ پسر و دختر	نوجوان چاق	درصد چربی فشارخون سیستولی فشارخون دیاستولی	تمرین HIIT:۱۵/۰±۱/۴ تمرین MICT:۱۵/۰±۱/۶	۱۲(۳)	تمرین HIIT: ۳۲-۲۴ تمرین MICT:۶۰-۴۰	تمرین HIIT: ۴ تا ۶ تکرار با ۲ دقیقه تا ۲ دقیقه و ۳۰ ثانیه با ۹۰-۹۵٪ HRmax و استراحت ۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه با ۵۵٪ HRmax MICT: بوکس و پیاده روی در ۷۰-۶۰٪ HRmax
Ingul ۲۰۱۸ [۲۴]	۴۷ پسر و دختر	نوجوان چاق	Vo2max	تمرین HIIT:۱۲/۴±۱/۹ تمرین MICT:۱۱/۹±۲/۴	۱۲(۳)	تمرین HIIT: ۳۰ تمرین MICT: ۴۵	تمرین HIIT: ۴ تکرار ۴ دقیقه با ۹۵ -۸۵٪HRmax تمرین MICT: ۷۰-۶۰٪ HRmax
Racil ۲۰۱۳ [۳۱]	۲۲ دختر	نوجوان چاق	درصد چربی Vo2max	تمرین HIIT:۱۵/۶±۰/۷ تمرین MICT:۱۶/۳±۰/۵۲	۱۲(۳)	تمرین HIIT:۳۰ تمرین MICT:۳۰	تمرین HIIT: ۵۰-۱۱۰٪ MAS

							تمرین MICT: ٪۵۰-۸۰ MAS
Farah۲۰۱۴ [۳۲]	۱۹ پسر و دختر	نوجوان چاق	درصد چربی Vo2max فشارخون سیستولی فشارخون دیاستولی	تمرین HIIT:۱۵/۴±۴/۰ تمرین MICT:۱۴/۸±۴/۰	۱۲(۳)	تمرین HIIT:۴۰ تمرین MICT:۶۰	تمرین HIIT: تمرین با شدتی برابر آستانه تهویه تمرین MICT: تمرین با ۲۰٪ زیر آستانه تهویه
Koubaa ۲۰۱۳ [۳۳]	۲۹ پسر	نوجوان چاق	توده بدون چربی Vo2max	تمرین HIIT:۱۳/۰±۰/۸ تمرین MICT:۱۲/۹±۰/۵	۱۲(۳)	تمرین HIIT: ۳۰ تمرین MICT:۴۰-۳۰	تمرین HIIT: ۸۰ ٪Vo2max تمرین MICT: با ۶۰-۷۰٪ Vo2max
Arajua ۲۰۱۲ [۳۴]	۳۰ پسر و دختر	کودک چاق	درصد چربی توده بدون چربی فشارخون سیستولی فشارخون دیاستولی Vo2max	تمرین HIIT:۱۰/۷±۰/۷ تمرین MICT:۱۰/۴±۰/۹	۱۲(۲)	تمرین HIIT: ۳۰ تمرین MICT:۶۰-۳۰	تمرین HIIT:۶-۳ ست دوی سرعت ۶۰ ثانیه با ۱۰۰٪ اوج سرعت و یک دوره ریکاوری ۳ دقیقه با ۵۰ ٪ سرعت تمرین تمرین MICT: ۸۰٪HRmax
Murphy ۲۰۱۵ [۲۳]	۱۳ پسر و دختر	نوجوان چاق	درصد چربی فشارخون سیستولی فشارخون دیاستولی Vo2max	تمرین HIIT:۱۳/۷±۲/۰ تمرین MICT:۱۴/۳±۱/۲	۱۲(۲)	تمرین HIIT:۶۰ تمرین MICT:۵۰	تمرین HIIT: ۱۰ تکرار ۶۰ثانیه با ۹۰-۸۰٪ HRmax تمرین MICT: ٪۶۵ ظرفیت تمرینی
کارگر فرد۲۰۱۶ [۳۵]	۲۰ پسر	نوجوان چاق	فشارخون سیستولی فشارخون دیاستولی Vo2max	تمرین HIIT:۱۲/۳۶±۱/۳۴ تمرینMICT:۱۲/۳۶±۱/۳۴	۸(۳)	تمرین HIIT:۶۰ تمرین MICT:۵۰-۶۰	تمرین HIIT:۶۰-۵۰ دقیقه دویدن مداوم با ۹۰-۶۰٪HR نمرین MICT: دویدن مداوم با ۹۵-۶۰٪ HR
Cavetkovic ۲۰۱۸ [۳۶]	۲۱ پسر	چاق	درصد چربی فشارخون سیستولی فشارخون دیاستولی	تمرین HIIT: - تمرین MICT: -	۱۲(۳)	تمرین HIIT:۳۰ تمرین MICT: ۶۰	تمرین HIIT:۳ ست دویدن با ۱۰۰٪MAS با ۱۸۰ ثانیه استراحت بین ستها تمرین MICT: دوره های۸ ×۴ دقیقه ایی بازی با ۲ دقیقه استراحت
Lazzer ۲۰۱۷ [۲۲]	۲۱ پسر	نوجوان چاق	درصد چربی توده بدون چربی Vo2max	تمرین HIIT:۱۶/۸±۰/۷ تمرین MICT:۱۶/۴±۱/۱	۳(۲)	تمرین HIIT: ۳۰ تمرین MICT: ۴۵	تمرین HIIT:۶ ست ۴۰ ثانیه پیاده روی با ۱۰۰٪Vo2max با ریکاوری ۵ دقیقه پیاده روی با ۴۰٪V'O2max تمرین MICT: ٪۴۰Vo2max

HIIT High-intensity interval training (تمرینات تناوبی با شدت بالا); *MICT* Moderate-intensity continuous training (تمرینات طولانی مدت با شدت متوسط); *MAS* Maximal aerobic speed (حداکثر سرعت هوازی); *VO2peak* Peak oxygen uptake (حداکثر اکسیژن اوج); *SBP* Systolic blood pressure; *DBP* Diastolic blood pressure, *V'O2max* maximal oxygen (حداکثر اکسیژن مصرفی) uptake ; *HRmax* maximal heart rate (حداکثر ضربان قلب)

بحث

هدف مطالعه مرور سیستماتیک-فراتحلیل حاضر، مقایسه اثر HIIT و MICT بر عوامل کاردیومتابولیک در کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق بود. نتایج اصلی پژوهش نشان داد که HIIT سبب کاهش معنادار فشار خون سیستولی با اندازه اثر بالا (۱/۹۸-) و درصد چربی بدن با اندازه اثر متوسط (۰/۵۹-) شده و همچنین باعث افزایش معنادار حداکثر اکسیژن مصرفی (Vo2max) با اندازه اثر متوسط (۰/۶۵) می‌گردد. طبق یافته‌ها، تمرین HIIT نسبت به MICT در کاهش فشار خون سیستولی برتری دارد، اما این کاهش فشارخون دیاستولی معنادار نیست. همچنین هیچ یک از تمرینات HIIT و MICT نتوانستند باعث ایجاد تفاوت معناداری در توده عضلانی (free fat mass) شوند. تمرینات HIIT نتوانست سبب کاهش

معنادار وزن بدن نسبت به گروه MICT شود. به طور کلی می‌توان گفت در کاهش وزن بدن هر دو نوع تمرین برای کودکان و نوجوانان چاق مشابه عمل می‌کنند. نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعه Cao و همکاران با ۱۲ مطالعه کارآزمایی بالینی تصادفی شده با ۳۲۵ کودک و نوجوان دارای اضافه وزن و چاق همخوانی دارد. محققان در این پژوهش نشان دادند که HIIT اثرات بیشتری بر افزایش Vo2max (اندازه اثر بالا) و کاهش فشار خون سیستولی (اندازه اثر متوسط) نسبت به MICT دارد. اما HIIT نسبت به MICT سبب تغییر معنادار وزن بدن، شاخص توده بدنی، درصد چربی بدن و فشار خون دیاستولی نمی‌شود [۳۷].

بیماری چاقی در دوران کودکی و نوجوانی می‌تواند منجر به افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی و بیماری‌هایی همچون فشارخون بالا، سندروم متابولیک، بیماری عروق کرونر قلب و دیابت نوع دو در سنین بالاتر شود [۳۴]. حتی در مطالعه‌ای گزارش شده که چاقی در کودکی می‌تواند سبب اختلال در کنترل انسولین و گلوکز شود [۶]. همچنین جالب توجه است، اگرچه چاقی و ظرفیت هوازی نشانگرهای پیش‌آگهی قوی و مستقل مرگ و میر قلبی عروقی هستند، به نظر می‌رسد که ارتباط بین ظرفیت هوازی و مرگ و میر قوی‌تر باشد [۳۸]. از طرفی ترکیب بدن، به ویژه توده چربی بدن، شاخص مهمی است که بر سلامت افراد چاق تأثیر می‌گذارد، که در این شرایط بیماری‌های مرتبط با چاقی افزایش قابل توجهی می‌یابد [۳۹]. با توسعه پیشرفت در جوامع صنعتی امروزی و افزایش یافتن بی‌تحرکی، روزانه بر تعداد کودکان چاق افزوده می‌شود که گزارش شده اکثراً به علت عدم تحرک روزانه به این بیماری مبتلا شده‌اند. از این رو گنجاندن فعالیت بدنی مناسب در برنامه روزانه کودکان یک اصل مهم در ارتقا سلامتی به شمار می‌رود [۴۰]. همچنین تمرین ورزشی یک جزء حیاتی در مدیریت چاقی کودکان است. در حال حاضر، تمرین هوازی تداومی یکی از روش‌های استاندارد مراقبت برای مدیریت وزن کودکان است [۲۳]. مطالعات اخیر به خوبی نشان داده‌اند که هر دو روش تمرینی HIIT و MICT توانستند در ارتقای سلامت حیاتی، کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی و بهبود سطوح ظرفیت هوازی افراد چاق موثر واقع شوند [۴۱]. در حال حاضر HIIT می‌تواند به پروتکل‌های مختلف تقسیم‌بندی شود، که شدت و مدت تمرین با توجه به هدف فرد تعیین می‌شود، اما نکته جالب توجه این است که محققان ثابت کرده‌اند که انواع پروتکل‌های HIIT می‌تواند برای افراد چاق مفید باشند و همچنین افراد غیرورزشکار سود بیشتری از انواع این تمرینات می‌برند [۴۱]. نتایج این مطالعه نشان داد که احتمالاً روش تمرینی HIIT نسبت به MICT می‌تواند سبب بهبود ترکیب بدن و درصد چربی بدن شود. نتایج مطالعه حاضر با مطالعه‌ای که توسط Wewege و همکاران انجام شد، غیرهمسو است [۴۲]. در این مرور سیستماتیک ۱۳ مطالعه بررسی شد و نتایج حاکی از آن بود که هر دو پروتکل تمرینی باعث کاهش قابل توجه توده چربی کل بدن و دور کمر می‌گردد، اما تفاوت معناداری برای ترکیب بدن وجود نداشت [۴۲].

بر اساس نتایج مطالعه حاضر، پروتکل HIIT نسبت به MICT می‌تواند از نظر زمانی در برنامه مدیریت وزن کودکان چاق کارآمدتر باشد. همچنین نتایج مطالعه Batacan و همکاران با ۶۵ مطالعه به اثرات مشابهی بر بهبود ترکیب بدن در بزرگسالان دارای اضافه وزن یا چاق دست یافتند [۴۳]. به نظر می‌رسد با وجود اثر مشابه این دو نوع پروتکل تمرینی بر بهبود ترکیب بدن، مکانسیم‌های فیزیولوژیکی متفاوتی را دنبال می‌کنند. احتمالاً پروتکل MICT با افزایش سرعت چربی‌سوزی در ماتریکس میتوکندری، با آزادسازی مداوم اسیدهای چرب آزاد و به دنبال آن اکسیداسیون اسیدهای چرب آزاد، سبب بهبود ترکیب بدن در افراد چاق می‌شود. در حالی که پروتکل HIIT ممکن است از طریق بهبود اکسیداسیون چربی و تجزیه بافت چربی احشایی، کاهش اشتها و افزایش مصرف بیش از حد اکسیژن پس از تمرین، برای بهبود ترکیب بدن افراد چاق مفید باشد [۳۹].

همچنین نتاج مطالعه حاضر نشان داد که پروتکل HIIT نسبت به پروتکل MICT در کاهش فشارخون که یکی از علت‌های اصلی آن ایجاد بیماری چاقی می‌باشد، برتری دارد. به عبارت دیگر به نظر می‌رسد که HIIT می‌تواند سبب کاهش فشار خون سیستولی شود، اما تاثیر معناداری در فشار خون دیاستولی ندارد. مطالعات گذشته نشان دادند که کاهش فشارخون سیستولی می‌تواند خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی و مرگ و میر را کاهش دهد [۴۴]. نتایج فراتحلیل حاضر با مطالعه فراتحلیل پیشین که با ۷ مطالعه تمرینات HIIT و MICT را بر فشار خون کودکان و نوجوانان چاق بررسی کرده بود، همسو است [۳۹]. در حالی که با نتایج مطالعات Batacan و Costa در تناقض است [۴۳, ۴۵]. به عبارتی نتایج این مطالعات حاکی از برتری پروتکل HIIT نسبت به پروتکل MICT در بهبود فشارخون سیستولی نبود. احتمالاً یکی از مکانیسم‌های بالقوه HIIT در کاهش فشارخون، شدت زیاد تمرین، افزایش سرعت جریان خون، افزایش سطح اکسید نیتریک (NO) در سلول‌های اندوتلیال عروقی است [۴۶].

نتایج مطالعه فراتحلیل ما حاکی از آن بود که پروتکل HIIT ممکن است سبب افزایش بیشتر حداکثر اکسیژن مصرفی نسبت به پروتکل MICT شود. نتایج این مطالعه با یک مطالعه فراتحلیل که بر روی ۵۳ مطالعه انجام شده بود، مشابه است. در این مطالعه نتایج نشان داد که حتی HIIT با مدت زمان کوتاه (کمتر از ۴ هفته) می‌تواند VO2max را در مقایسه با گروه کنترل در جمعیت‌های سالم بهبود بخشد، اما HIIT با مدت زمان متوسط تا طولانی (بیش از ۴ تا ۱۲ هفته) اثرات مفید بیشتری را در مقایسه با گروه کنترل و MICT در افراد سالم و چاق داشته است [۴۶]. نتایج مطالعه دیگری که بر روی ۲۲ مقاله انجام شده، با نتایج فراتحلیل حاضر همسو نیست. این مطالعه گزارش کرده است که بین پروتکل‌های HIIT و MICT در افزایش ظرفیت هوازی تفاوت معناداری وجود ندارد [۴۷]. به نظر می‌رسد پروتکل HIIT از طریق افزایش حجم ضربه‌ای باعث افزایش قابل توجهی در تنفس میتوکندریایی عضله اسکلتی می‌شود که به دنبال آن میزان استفاده اکسیژن در خون محیطی افزایش می‌یابد و در نهایت باعث بهبود VO2max و آمادگی قلبی تنفسی می‌گردد [۴۷]. به طور کلی به خوبی ثابت شده که HIIT در مقایسه با MICT مزایای برتری در آمادگی قلبی تنفسی دارد که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد [۳۹].

نتایج مطالعه فراتحلیل حاضر نشان می‌دهد که HIIT در مقایسه با تمرینات استقامتی سنتی یا تمرین ورزشی تداومی با شدت متوسط می‌تواند با کاهش پایدارِ مدت و حجم تمرین، تغییرات مشابه و حتی برتری را در عملکرد فیزیولوژیکی، فیزیکی و عوامل مرتبط با سلامتی ایجاد کند [۱۲]. به طور کلی تمرینات HIIT در مقایسه با تمرینات استقامتی سنتی هم در افراد سالم و هم در افراد چاق دستاوردهای کاردیومتابولیک برابر یا بهتری را در یک دوره زمانی کوتاه‌تر ایجاد می‌کند و همچنین سبب بهبود ترکیب بدن می‌شود [۳۸]. همچنین به نظر می‌رسد که پروتکل HIIT به علت داشتن تنوع بالا و تشابه به بازی‌های کودکان می‌تواند نسبت به پروتکل MICT برای کودکان و نوجوانان چاق موثرتر واقع شود.

به طور جمع‌بندی یافته‌های این پژوهش، اهمیت تمرینات ورزشی منظم و با شدت بالاتر را برای بهبود سلامت قلب در کودکان چاق برجسته می‌کند.

علی‌رغم اهمیت بالینی یافته‌های پژوهش حاضر، این مطالعه دارای چندین محدودیت است. اول به دلیل تعداد محدود مطالعات، امکان بررسی‌های بیشتر در زمینه اثرگذاری انواع تمرینات ورزشی و سایر مولفه‌های تمرینی از جمله شدت تمرین، طول مدت مداخله، مدت هر جلسه تمرین، تعداد جلسات در هفته فراهم نشد. دوم به علت تعداد محدود مطالعات، امکان انجام تحلیل زیرگروهی بر اساس سن (کودک و نوجوان) وجود نداشت. علاوه بر این، با توجه به میزان بالا ناهمگونی برای برخی از متغیرها، تفسیر نتایج مطالعه حاضر باید با احتیاط بیشتری صورت گیرد. پیشنهاد می‌شود در سال‌های آینده با افزایش تعداد مطالعات اولیه، پژوهش فراتحلیل با تحلیل‌های زیرگروهی متفاوت بر اساس سن، BMI و مولفه‌های تمرینی (شدت، مدت تمرین و تعداد تکرار تمرین HIIT) انجام شود. همچنین، با توجه به نقش مهم پروفایل چربی در عوامل خطر کاردیومتابولیک، اثر این دو نوع تمرین بر پروفایل چربی (لیپوپروتئین با چگالی پایین، لیپوپروتئین با چگالی بالا، تری‌گلیسرید و کلسترول تام) انجام گردد و مشخص شود کدام نوع تمرین می‌تواند نتیجه بهتری در بهبود پروفایل چربی در کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق داشته باشد.

نتیجه‌گیری

طبق یافته‌های مطالعه حاضر، احتمالاً تمرینات تناوبی با شدت بالا یک راهکار مناسب و کارآمد برای بهبود ترکیب بدن و کاهش عوامل خطر کاردیومتابولیک در کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق است. اثرات تمرینات HIIT بر افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی دارای اندازه اثر متوسط و بر کاهش چربی بدن دارای اندازه اثر متوسط و کاهش فشار خون سیستولی دارای اندازه اثر بالا است. بنابراین، استفاده از تمرینات HIIT در کنار سایر مداخلات دارویی و تغذیه‌ای ممکن است سبب کاهش عوامل خطر کاردیومتابولیک کودکان و نوجوانان چاق شود.

تشکر و قدردانی

از محققانی که داده‌های مقاله خود را در اختیار ما قرار دادند، تشکر می‌نماییم.

References:

[1] 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).

[2] DeSouza CA, Dengel DR, Macko RF, Cox K, Seals DR. Elevated levels of circulating cell adhesion molecules in uncomplicated essential hypertension. ***Am J Hypertens*** 1997; 10(12): 1335-41.

[3] Camarillo-Romero E, Dominguez-Garcia MV, Amaya-Chavez A, Camarillo-Romero MdS, Talavera-Piña J, Huitron-Bravo G, et al. Effects of a physical activity program on markers of endothelial dysfunction, oxidative stress, and metabolic status in adolescents with metabolic syndrome. ***Int Scholarly Res Notices*** 2012; 2012.

[4] Reilly JJ, Kelly J. Long-term impact of overweight and obesity in childhood and adolescence on morbidity and premature mortality in adulthood: systematic review. ***Int J Obesity*** 2011; 35(7): 891-8.

[5] Nosrati A, Askari B. The effect of two month high-intensity interval training and vitamin D supplementation on the blood levels of homocysteine and total antioxidant capacity in overweight women with vitamin D deficiency. A clinical trial study. ***Feyz*** 2023; 27(1): 817-24. [in Persian]

[6] Tjønna AE, Stølen TO, Bye A, Volden M, Slørdahl SA, Ødegård R, et al. Aerobic interval training reduces cardiovascular risk factors more than a multitreatment approach in overweight adolescents. ***Clin Sci*** 2009; 116(4): 317-26.

[7] Ingul CB, Tjonna AE, Stolen TO, Stoylen A, Wisloff U. Impaired cardiac function among obese adolescents: effect of aerobic interval training. ***Arch Pediatr Adolesc Med*** 2010; 164(9): 852-9.

[8] Liu J, Zhu L, Su Y. Comparative effectiveness of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training for cardiometabolic risk factors and cardiorespiratory fitness in childhood obesity: A meta-analysis of randomized controlled trials. ***Front Physiol*** 2020; 11.

[9] Weston KS, Wisløff U, Coombes JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. ***British J Sports Med*** 2014; 48(16): 1227-34.

[10] 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.

[11] Lambrick D, Westrupp N, Kaufmann S, Stoner L, Faulkner J. The effectiveness of a high-intensity games intervention on improving indices of health in young children. ***J Sports Sci*** 2016; 34(3): 190-8.

[12] Costigan SA, Eather N, Plotnikoff R, Taaffe DR, Lubans DR. High-intensity interval training for improving health-related fitness in adolescents: a systematic review and meta-analysis. ***British J Sports Med*** 2015; 49(19): 1253-61.

[13] García-Hermoso A, Cerrillo-Urbina A, Herrera-Valenzuela T, Cristi-Montero C, Saavedra J, Martínez-Vizcaíno V. Is high-intensity interval training more effective on improving cardiometabolic risk and aerobic capacity than other forms of exercise in overweight and obese youth? A meta-analysis. ***Obesity Rev*** 2016; 17(6): 531-40.

[14] Ramos JS, Dalleck LC, Tjonna AE, Beetham KS, Coombes JS. The impact of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on vascular function: a systematic review and meta-analysis. ***Sports Med*** 2015; 45: 679-92.

[15] Moher D, Shamseer L, Clarke M, Ghersi D, Liberati A, Petticrew M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. ***Systematic Rev*** 2015; 4(1): 1-9.

[16] Tarsilla M. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions. ***J Multidiscip Eval*** 2010; 6(14): 142-8.

[17] Güngör NK. Overweight and obesity in children and adolescents. ***J Clin Res Pediatr Endocrinol*** 2014; 6(3): 129.

[18] Kazeminasab F, Baharlooie M, Khalafi M. The Impact of Exercise on Serum Levels of Leptin and Adiponectin in Obese Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. ***Iran J Endocrinol Metab*** 2022; 23(6): 409-25.

[19] Khalafi M, Sakhaei MH, Kazeminasab F, Symonds ME, Rosenkranz SK. The impact of high-intensity interval training on vascular function in adults: A systematic review and meta-analysis. ***Front Cardiovasc Med*** 2022:1.

[20] Wen H, Wang L. Reducing effect of aerobic exercise on blood pressure of essential hypertensive patients: A meta-analysis. ***Medicine*** 2017; 96(11).

[21] Corte de Araujo AC, Roschel H, Picanço AR, do Prado DML, Villares SMF, de Sa Pinto AL, et al. Similar health benefits of endurance and high-intensity interval training in obese children. 2012.

[22] Lazzer S, Tringali G, Caccavale M, De Micheli R, Abbruzzese L, Sartorio A. Effects of high-intensity interval training on physical capacities and substrate oxidation rate in obese adolescents. ***J Endocrinol Invest*** 2017; 40: 217-26.

[23] Murphy A, Kist C, Gier AJ, Edwards NM, Gao Z, Siegel RM. The feasibility of high-intensity interval exercise in obese adolescents. ***Clin Pediatr*** 2015;54(1):87-90.

[24] Ingul CB, Dias KA, Tjonna AE, Follestad T, Hosseini MS, Timilsina AS, et al. Effect of High Intensity Interval Training on Cardiac Function in Children with Obesity: A Randomised Controlled Trial. ***Prog Cardiovasc Dis*** 2018; 61(2): 214-21.

[25] Dias KA, Ingul CB, Tjønna AE, Keating SE, Gomersall SR, Follestad T, et al. Effect of High-Intensity Interval Training on Fitness, Fat Mass and Cardiometabolic Biomarkers in Children with Obesity: A Randomised Controlled Trial. ***Sports Med*** 2018; 48(3): 733-46.

[26] Julian V, Costa D, O'Malley G, Metz L, Fillon A, Miguet M, et al. Bone Response to High-Intensity Interval Training versus Moderate-Intensity Continuous Training in Adolescents with Obesity. ***Obes Facts*** 2022; 15(1): 46-54.

[27] Meng C, Yucheng T, Shu L, Yu Z. Effects of school-based high-intensity interval training on body composition, cardiorespiratory fitness and cardiometabolic markers in adolescent boys with obesity: a randomized controlled trial. ***BMC Pediatr*** 2022; 22(1): 112.

[28] Miguet M, Fearnbach NS, Metz L, Khammassi M, Julian V, Cardenoux C, et al. Effect of HIIT versus MICT on body composition and energy intake in dietary restrained and unrestrained adolescents with obesity. ***Appl Physiol Nutr Metab*** 2020; 45(4): 437-45.

[29] Racil G, Coquart J, Elmontassar W, Haddad M, Goebel R, Chaouachi A, et al. Greater effects of high-compared with moderate-intensity interval training on cardio-metabolic variables, blood leptin concentration and ratings of perceived exertion in obese adolescent females. ***Biol Sport*** 2016; 33(2): 145-52.
[30] Morrissey C, Montero D, Raverdy C, Masson D, Amiot MJ, Vinet A. Effects of Exercise Intensity on Microvascular Function in Obese Adolescents. ***Int J Sports Med*** 2018; 39(6): 450-5.
[31] Racil G, Ben Ounis O, Hammouda O, Kallel A, Zouhal H, Chamari K, et al. Effects of high vs. moderate exercise intensity during interval training on lipids and adiponectin levels in obese young females. ***Eur J Appl Physiol*** 2013; 113(10): 2531-40.
[32] Farah B, Ritti-Dias R, Balagopal P, Hill J, Prado W. Does exercise intensity affect blood pressure and heart rate in obese adolescents? A 6-month multidisciplinary randomized intervention study. ***Pediatric Obesity*** 2014; 9(2): 111-20.
[33] Koubaa A, Trabelsi H, Masmoudi L, Elloumi M, Sahnoun Z, Zeghal KM, et al. Effect of intermittent and continuous training on body composition cardiorespiratory fitness and lipid profile in obese adolescents. ***IOSR-JPBS*** 2013; 3(2): 31-7.
[34] Cole TJ, Lobstein T. Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity. ***Pediatric Obesity*** 2012; 7(4): 284-94.
35. Kargarfard M, Lam ET, Shariat A, Asle Mohammadi M, Afrasiabi S, Shaw I, et al. Effects of endurance and high intensity training on ICAM-1 and VCAM-1 levels and arterial pressure in obese and normal weight adolescents. ***Phys Sportsmed*** 2016; 44(3): 208-16.
[36] Cvetković N, Stojanović E, Stojiljković N, Nikolić D, Scanlan A, Milanović Z. Exercise training in overweight and obese children: Recreational football and high-intensity interval training provide similar benefits to physical fitness. ***Scandinavian J Med Sci Sports*** 2018;28:18-32.
[37] 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. ***Int J Environ Res Public Health*** 2021; 18(22).
[38] Burgomaster KA, Howarth KR, Phillips SM, Rakobowchuk M, MacDonald MJ, McGee SL, et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. ***J Physiol*** 2008; 586(1): 151-60.
[39] 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. ***Int J Environ Res Public Health*** 2021; 18(22): 11905.
[40] Crisp NA, Fournier PA, Licari MK, Braham R, Guelfi KJ. Adding sprints to continuous exercise at the intensity that maximises fat oxidation: implications for acute energy balance and enjoyment. ***Metabolism*** 2012;61(9):1280-8.
[41] Younge J, RA G, CP B, Roos-Hesselink J, Hunink M. Mind-body interventions for patients with cardiac disease: a systematic review and meta-analysis. ***Lifestyle Cardiovascular Dis*** 2015; 25(2).
[42] Wewege M, Van Den Berg R, Ward R, Keech A. The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. ***Obesity Rev*** 2017; 18(6): 635-46.
[43] Batacan RB, Duncan MJ, Dalbo VJ, Tucker PS, Fenning AS. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. ***Br J Sports Med*** 2017; 51(6): 494-503.
[44] Lacey B, Lewington S, Clarke R, Kong XL, Chen Y, Guo Y, et al. Age-specific association between blood pressure and vascular and non-vascular chronic diseases in 0· 5 million adults in China: a prospective cohort study. ***The Lancet Global Health*** 2018; 6(6): e641-e9.
[45] Costa EC, Hay JL, Kehler DS, Boreskie KF, Arora RC, Umpierre D, et al. Effects of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on blood pressure in adults with pre-to established hypertension: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. ***Sports Med*** 2018; 48: 2127-42.
[46] Pal S, Radavelli-Bagatini S, Ho S. Potential benefits of exercise on blood pressure and vascular function. ***J Am Society Hypertension*** 2013;7(6):494-506.
[47] Su L, Fu J, Sun S, Zhao G, Cheng W, Dou C, et al. Effects of HIIT and MICT on cardiovascular risk factors in adults with overweight and/or obesity: A meta-analysis. ***PloS One*** 2019; 14(1): e0210644.