مجله‌ی غدد درون‌ریز و متابولیسم ایران
دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ـ درمانی شهید بهشتی
دوره‌ی بیست و سوم، شماره‌ی ۶، صفحه‌های ۴۲۵ ـ ۴۰۹ (بهمن ـ اسفند ۱۴۰۰)

مقاله‌ی مروری

اثر تمرین ورزشی بر سطوح سرمی لپتین و آدیپونکتین در کودکان و نوجوانان چاق: یک مرور نظام‌مند و فراتحلیل

دکتر فاطمه کاظمی نسب، محمد بهارلویی، دکتر موسی خلفی

گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران، **نشانی مکاتبه با نویسنده‌ی مسئول:** کاشان ـ بلوار قطب راوندی ، کدپستی ۸۷۳۱۷۳۵۱۵۳، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران،
دکتر فاطمه کاظمی نسب؛ e-mail: fkazeminasab@kashanu.ac.ir

چکیده

مقدمه: هدف مطالعه حاضر بررسی اثر تمرین ورزشی بر سطوح لپتین و آدیپونکتین سرمی در کودکان و نوجوانان چاق است. مواد و روش‌ها: جستجوی نظام‌مند مقالات انگلیسی و فارسی منتشر شده تا فوریه سال ۲۰۲۲، در پایگاه‌های اطلاعاتی پابمد، وب آو ساینس، مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی و مگیران با استفاده از کلیدواژه‌های مرتبط انجام شد. پس از انتخاب مقالات بر اساس معیارهای ورود به مطالعه، فراتحلیل نتایج صورت گرفت. اندازه اثر (**SMD**) و فاصله اطمینان ۹۵ درصد، با استفاده از مدل اثر تصادفی، محاسبه شد. هم‌چنین، جهت تعیین ناهمگونی از آزمون **I2** و برای سوگیری انتشار از آزمون فونل پلات و تست **Egger** استفاده شد. یافته‌ها: نتایج ۲۴ مطالعه بر روی ۹۸۵ کودک و نوجوان چاق نشان داد که تمرین ورزشی سبب کاهش معنادار لپتین سرمی [**P=۰/۰۰۱**، (۰/۶۲- الی ۱/۲۵-) **SMD=-۰/۹۴**] و افزایش معنادار آدیپونکتین سرمی [**P=۰/۰۰۱**، (۰/۴۸ الی ۱/۲۲) **SMD=۰/۸۵**] می‌شود. نتایج فرارگرسیون نشان می‌دهد که بین مدت تمرین با اندازه اثر تمرین ورزشی بر میزان لپتین سرمی در کودکان و نوجوانان چاق رابطه معناداری (**r=-۰/۰۳**، **P=۰/۱۳**) وجود ندارد. لیکن، بین مدت تمرین با اندازه اثر تمرین ورزشی بر میزان آدیپونکتین سرمی در کودکان چاق رابطه معناداری (**r=-۰/۰۷**، **P=۰/۰۰۱**) وجود دارد. نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که هر دو نوع تمرین ترکیبی (مقاومتی و هوازی) و هوازی منجر به کاهش مقادیر گردشی لپتین و افزایش آدیپونکتین در کودکان و نوجوانان چاق می‌شود.

واژگان کلیدی: تمرین ورزشی، لپتین، آدیپونکتین، کودکان، نوجوانان، چاقی

دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۳/۲۸ـ دریافت اصلاحیه: ۱۴۰۱/۴/۱۸ ـ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۵/۳

مقدمه

چاقی نتیجه عدم تعادل بین انرژی دریافتی و مصرفی است و به عنوان اصلی‌ترین عامل خطرزا برای بسیاری از بیماری‌ها از جمله دیابت، سندرم متابولیک و بیماری‌های قلبی عروقی شناخته شده است.[۱] بافت چربی به عنوان یک اندام درون‌ریز؛ آدیپوکاین‌ها[i] یا سایتوکاین‌های[ii] متنوعی را تولید و ترشح می‌کند که نقش مهمی در توسعه بسیاری از این بیماری‌ها، به واسطه تنظیم فرایندهای متابولیکی و پاسخ‌های التهابی، ایفا می‌کند.[۲-۴] ارتباط بین افزایش سطوح برخی از آدیپوکاین‌های پیش التهابی مانند لپتین[iii] و رزیستین[iv] و کاهش سطوح آدیپوکاین‌های ضد التهابی مانند

i -Adipokines
ii -Cytokines
iii -Leptin
iv -Resistin

آدیپونکتین[i] با چاقی، آن‌ها را به اهداف درمانی برای چاقی و بیماری‌های مرتبط آن بدل ساخته است.[۵-۷]

لپتین و آدیپونکتین به عنوان شناخته شده‌ترین آدیپوکاین‌ها، با تنظیم تعادل انرژی و عملکرد انسولین مرتبط هستند.[۳] لپتین پس از ترشح از بافت چربی، به صورت آزاد یا متصل به پروتئین‌های حامل در خون پخش می‌شود و با اتصال به گیرنده‌های هیپوتالاموس سبب مهار ترشح نروپپتید Y[ii] و کاهش اشتها می‌شود. هم‌چنین با افزایش میزان متابولیسم بدن، میزان انرژی مورد نیاز و میزان چربی بدن را کنترل می‌کند.[۴] برخلاف لپتین، آدیپونکتین با چاقی و دیابت کاهش پیدا می‌کند و میزان آن در افراد چاق نسبت به سایر افراد کمتر است.[۸] آدیپونکتین نقش مهمی در افزایش حساسیت به انسولین و تنظیم هموستاز انرژی دارد و دارای خواص ضد دیابت و ضد التهاب است.[۹-۱۱]

تمرین ورزشی منظم یکی از موثرین مداخله های درمانی برای چاقی است که نقش مهمی در کاهش التهاب و بهبود شاخص‌های متابولیک ایفا می‌کند.[۱۳-۱۸] نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که تمرین ورزشی باعث کاهش مقادیر لپتین و افزایش میزان آدیپونکتین می‌شود. از این رو، تمرین ورزشی به عنوان یک روش درمانی مهم برای التهاب مزمن[۱۹] و بیماری‌های متابولیک مرتبط با چاقی در نظر گرفته می‌شود.[۲۰] محققان در یک مطالعه مروری گزارش کرده‌اند که غلظت آدیپونکتین در پاسخ به فعالیت‌های طولانی مدت (۶۰ دقیقه یا بیشتر) تغییر نمی‌کند. تمرین کوتاه مدت (کمتر از ۱۲ هفته) و طولانی مدت (۱۲ هفته یا بیشتر) نتایج متضادی را در مورد لپتین و آدیپونکتین نشان می‌دهد.[۲۱] پژوهش‌گران در یک مطالعه فراتحلیل نشان دادند که تمرین هوازی با تغییر قابل توجهی در لپتین همراه بوده، اما سطوح آدیپونکتین را تغییر نداده است.[۲۲] علی‌رغم وجود مطالعات گسترده در زمینه آثار تمرین ورزشی بر آدیپوکاین‌ها در بزرگسالان، مطالعات محدودی برای کودکان وجود دارد. در همین زمینه، مطالعه مروری انجام شده در سال ۲۰۱۵ نشان داد که تمرین ورزشی بر بافت چربی و آزادسازی آدیپونکتین، رزیستین و ویستافین در کودکان چاق تاثیرگذار است.[۲۳] با این حال، نتایج متناقضی در رابطه با تاثیر تمرین ورزشی بر میزان لپتین و آدیپونکتین در کودکان چاق وجود دارد. لذا هدف مطالعه حاضر، روشن سازی نقش تمرین ورزشی بر آدیپوسایتوکاین‌های اصلی مرتبط با چاقی (لپتین و آدیپونکتین) است.

i -Adiponectin
ii -Neuropeptide y

مواد و روش‌ها

نوع مطالعه

پژوهش حاضر از نوع مطالعات مروری نظام مند همراه با فراتحلیل است که بر اساس دستورالعمل کاکرین[iii] و موارد ترجیحی در گزارش مرورهای نظام‌مند و فراتحلیل[iv](PRISMA) انجام شده است.

منابع داده‌ها و روش جستجو

برای استخراج مقالات، جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی پابمد[v] و وب آو ساینس[vi] تا فوریه[vii] سال ۲۰۲۲ (بدون محدود کردن سال انتشار) برای مقالات انگلیسی با استفاده از کلمات کلیدی "exercise training"، "exercise"، "physical activity"، "training"، "sport" و "obesity"، "overweight"، "obese"و "child"، "children"، "pediatric"، "adolescent*"، "teenager"، "teener"و"leptin" ، "adiponectin"و randomized controlled trials (RCT)" انجام شد. دستور جستجو در پایگاه‌های پابمد و وب آو ساینس در جدول ضمیمه ۱ اشاره شده است.

هم‌چنین جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی[viii] و مگیران[ix] برای مقالات فارسی تا بهمن ۱۴۰۰ با استفاده از کلمات کلیدی "تمرین ورزشی"، "تمرین بدنی"، "فعالیت بدنی"، "فعالیت ورزشی"، "ورزش" و "چاقی"، "اضافه وزن"، "چاق" و "لپتین"، "آدیپونکتین" یا "ادیپونکتین" و "کودکان"، "کودکی"، "امراض کودکی"، "نوجوان" انجام شد. در ادامه، فهرست منابع مقالات استخراج شده و هم‌چنین مقالات استنادکننده به آن‌ها به روش دستی در گوگل اسکولار[x] مورد بررسی قرار گرفت. جستجو پایگاه‌های اطلاعاتی به صورت مستقل توسط دو محقق (ف ک و م خ) انجام شد.

iii -Cochrane
iv- Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
v -PubMed
vi -Web of Science
vii -February
viii -SID
ix -Magiran
x -Google Scholar

جدول ضمیمه ۱- خلاصه تحلیل زیرگروه برای متغیر لپتین

پایگاه اطلاعاتی	دستور جستجو
PubMed	(Exercise or training or "physical activity" or "exercise training" or "sport") AND (obesity or overweight or obese)) AND (leptin r adiponectin)) AND (Pediatric or child or children or child* adolescent* or teenage or teen y o boy or girl) Filters applied: Clinical Trial, Randomized Controlled Trial
Web of Science	# 1: (TS= (Exercise or training or "physical activity" or "exercise training" or "sport")) AND language: (English) AND document types: (Article) # 2: (TS= (obesity or overweight or obese)) AND language: (English) AND document types: (Article) # 3: (TS= (leptin or adiponectin)) AND language: (English) AND document types: (Article)) # 4: (TS= (Pediatric or child or children or child* or adolescent* or teenager or teener or girl or boy)) AND language: (English) AND document types: (Article) # 5: #1 AND #2 AND #3 AND #4

معیارهای انتخاب مقالات

ویژگی‌های مورد نظر برای ورود مقالات به مطالعه عبارت بودند از: ۱- انتشار به زبان انگلیسی یا فارسی. ۲- منتج از بررسی تاثیر تمرین ورزشی بر کودکان (سن ٦-۱۲) یا نوجوانان (سن ۱۳-۱۷) چاق در برابر گروه شاهد. ۳- دارا بودن نتایج اندازه‌گیری مقادیر لپتین و آدیپونکتین در سرم شرکت‌کنندگان در گروه‌های آزمون و شاهد. مقالات منتج از مطالعه بر روی حیوانات، چکیده مقالات ارائه شده در همایش‌ها، پایان‌نامه‌ها، مطالعات مقطعی و مطالعاتی که اثر فعالیت حاد ورزشی را بررسی کرده بودند از مطالعه کنار گذاشته شدند. لازم به ذکر است که مطالعات مقطعی به دلیل تعداد کم و کاهش ناهمگونی حذف شدند و تنها مطالعات با گروه‌های شاهد مستقل وارد تحلیل شدند. علاوه بر این، مطالعات با عدم داده‌های کافی برای انجام فراتحلیل از تحقیق حاضر خارج شدند. بررسی مقالات به صورت مستقل توسط دو محقق (ف ک و م ب) انجام شد و هر گونه اختلاف‌نظر با راهنمایی محقق سوم (م خ) حل شد.

استخراج داده‌ها

پس از بررسی جامع تمام مقالات، اطلاعات کامل مقالات توسط دو نویسنده (ف ک و م ب) به طور مستقل استخراج شد و هر گونه اختلاف‌نظر با محقق سوم (م خ) مورد بررسی مجدد قرار گرفت و تصمیم نهایی بر اساس توافق بین سه محقق انجام گرفت. اطلاعات مربوط به نوع مطالعه، نویسنده اول، سال انتشار، تصادفی یا غیرتصادفی بودن تقسیم‌بندی گروه‌های آزمون و شاهد، تعداد نمونه، کیفیت مطالعه، ویژگی‌های شرکت‌کنندگان در پژوهش‌ها (شامل: سن، رده‌بندی (کودک یا نوجوان) و جنسیت)، برنامه تمرین (نوع تمرین، مدت تمرین، تعداد جلسات در هفته و شدت تمرین) و مداخله یا عدم مداخله رژیم غذایی استخراج شد. روش اندازه‌گیری مقادیر لپتین و آدیپونکتین و داده‌های این دو متغیر قبل و بعد از تمرین در هر دو گروه تمرین و شاهد (تمرین نکرده) استخراج شدند. در صورت عدم وجود داده‌های کافی برای انجام فراتحلیل، از طریق ارسال رایانامه با نویسنده مسئول مکاتبه و داده‌های مورد نظر دریافت شد. در صورت عدم پاسخ‌گویی از سوی نویسنده مسئول، استخراج داده‌ها از نمودارها، با استفاده از نرم‌افزار GetData و یا تخمین انحراف استاندارد (SD[i]) از خطای استاندارد میانگین (SEM[ii]) صورت گرفت.[۲٤]

بررسی کیفیت مقالات

ارزیابی کیفیت مطالعات با استفاده از چک لیست نه موردی Pedro [۲٤،۲٥] توسط دو نویسنده (ف ک و م خ) به طور مستقل انجام شد. معیارهای ارزیابی عبارت بودند از: ۱- ضوابط واجد شرایط بودن آزمودنی‌ها مشخص باشد، ۲- اختصاص شرکت‌کنندگان به طور تصادفی به گروه‌های مختلف انجام شده باشد. ۳- شرکت‌کنندگان نسبت به گروه‌بندی‌هایشان آشنایی نداشته باشند. ٤- گروه‌ها در ابتدا از نظر وزن بدن یکسان باشند. ٥- ارزیابی یکسو کور برای متغیر اصلی وجود داشته باشد[iii] ٦- تعداد افراد خارج شده از پژوهش کمتر از ۱٥ درصد شرکت‌کنندگان باشد. ۷- تجزیه و تحلیل با رویکرد قصد درمان (ITT)[iv] انجام شده باشد. ۸- تفاوت آماری بین گروهی برای متغیر اصلی

i- Standard Deviation
ii -Standard Error of the Mean
iii -Blinding of All Assessors
iv -Intention to Treat

گزارش شده باشد. ۹- میانگین، انحراف معیار و میزان معناداری (p value) گزارش شده باشد. به تمام سؤالات چک لیست Pedro، با دو گزینه‌ی بله ✓ و یا خیر × پاسخ داده شد.

جدول ۲- بررسی کیفیت مطالعات

مطالعه-سال	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
الکادر ۲۰۱۳ [۳۰]	×	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓
بلاگوپال ۲۰۱۰ [۳۱]	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓
باراس ۲۰۱۸ [۳۲]	✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓
پارک ۲۰۰۷ [۳۳]	×	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓
ترابی ۲۰۱۸ [۲۹]	✓	×	×	✓	×	✓	×	✓	✓
جانگ ۲۰۱۸ [۳۴]	×	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓
جئون ۲۰۱۳ [۳۵]	×	×	×	✓	×	✓	×	✓	✓
جهاندیده ۱۴۰۰ [۳۶]	✓	×	×	✓	×	✓	×	✓	✓
چئی ۲۰۱۰ [۳۷]	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓
راسیل ۲۰۱۳ [۳۸]	×	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓
راسیل (a) ۲۰۱۶ [۳۹]	×	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓
راسیل (b) ۲۰۱۶ [۴۰]	×	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓
سیبرا ۲۰۱۶ [۴۱]	×	×	×	✓	×	×	×	✓	✓
شکری ۲۰۲۱ [۴۲]	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓
کاراکابی ۲۰۰۹ [۴۳]	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓
کاظمی ۱۳۹۳ [۴۴]	×	×	×	×	×	✓	×	✓	✓
کلی ۲۰۰۷ [۴۵]	×	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓
کیم ۲۰۰۸ [۴۶]	×	✓	×	×	×	✓	×	✓	✓
لوپز ۲۰۱۶ [۴۷]	×	×	×	✓	×	×	×	✓	✓
ناسیمنتو ۲۰۱۶ [۴۸]	✓	×	×	✓	×	✓	×	✓	✓
نمت ۲۰۱۳ [۴۹]	×	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓
نانس ۲۰۱۶ [۵۰]	✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓
واسکانسلوس ۲۰۱۵ [۵۱]	✓	✓	×	×	✓	×	×	✓	✓
وانگ ۲۰۱۸ [۵۲]	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓

فراتحلیل

فراتحلیل حاضر برای تعیین تأثیر تمرین ورزشی بر میزان لپتین و آدیپونکتین سرمی نسبت به گروه شاهد انجام شد. در این پژوهش فراتحلیل، برای انجام تجزیه و تحلیل آماری از میانگین، انحراف استاندارد و حجم نمونه استفاده شد. SMD[i] و فاصله اطمینان ۹۵ درصد (CI[ii]) با استفاده از مدل اثر تصادفی[iii] محاسبه شد. ابتدا تحقیقات دارای اندازه امتیاز حداقل صفر و حداکثر نه بود؛ که در آن ارزش عددی بالاتر، نمایانگر کیفیت بالاتر مقاله بود (جدول ۲).

اثر خیلی بزرگ از تحلیل حذف شدند.[۲۶] برای تعیین ناهمگونی (عدم تجانس) مطالعات، از آزمون I2 استفاده و مقدار ناهمگونی طبق دستورالعمل کوکران به این ترتیب تفسیر شد: ۲۵٪ ناهمگونی کم، ۵۰٪ ناهمگونی متوسط، ۷۵٪ ناهمگونی زیاد تفسیر شد.[۲۴] در صورت وجود ناهمگونی، در ادامه تحلیل حساسیت[iv] از طریق روش خارج کردن یک به یک مطالعات[v] با لحاظ کردن I^2 کمتر از ۵۰ به عنوان ملاک انجام شد.[۲۷] سوگیری انتشار نیز با استفاده از تفسیر بصری از

i -Standardized Mean Differences
ii -Confidence Interval
iii -Random

iv- Sensitivity Analysis
v -Leave One-out Method

فونل پلات بررسی شد که در صورت مشاهده سوگیری، تست Egger به عنوان یک تست تعیین‌کننده ثانویه استفاده شد که در آن p=۰/۱۰ به عنوان وجود سوگیری انتشار معنی‌دار در نظر گرفته شد. تحلیل زیر گروهی بر اساس سن آزمودنی‌ها (کودکان و نوجوانان) و نوع تمرین انجام شد. به علاوه، بررسی همبستگی بین مدت تمرین و میزان لپتین یا آدیپونکتین شرکت‌کننده‌ها با اندازه اثر SMD تمرین ورزشی در کودکان و نوجوانان چاق از طریق فرارگرسیون مدل اثر لحظه‌ای بررسی شد. تمام آزمون‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار CMA2[i] انجام شدند.

یافته‌ها

بر اساس جستجو در پایگاه‌های اطلاعات علمی تا فوریه سال ۲۰۲۲ ، ۸۹۰ مقاله یافت شد. پس از حذف مقالات تکراری (۵۵ مقاله)، و پس از بررسی عناوین و چکیده مقالات، در نهایت ۲۰۰ مقاله برای ارزیابی متن کامل انتخاب شدند که پس از بررسی متن کامل مقالات، ۱۷۶ مقاله از مطالعه خارج شدند: ۲ مطالعه روی نمونه‌های حیوانی انجام شده بود؛ ۲۱ مطالعه اثر تمرین ورزشی را در بیماری‌هایی غیر از چاقی بررسی کرده بودند؛ ۱۲۰ مطالعه فاقد گروه شاهد بودند؛ ۱۴ مقاله مقطعی بودند؛ در یک مطالعه داده‌ها به‌طور تکراری[۲۸] با یک مقاله دیگر[۲۹] منتشر شده بود، ۳ مطالعه به زبان غیر فارسی و غیر انگلیسی منتشر شده بودند، ۱۰ مطالعه روی گروه بزرگسال انجام شده بود، ۲ مطالعه به صورت مروری بودند و ۳ مطالعه فاکتورهای مورد نظر تحقیق حاضر را ارزیابی نکرده بودند، در نهایت، ۲۴ مطالعه وارد فراتحلیل شدند (جدول ۱).

ویژگی شرکت‌کنندگان

در مجموع ۹۸۵ نفر وارد مطالعه حاضر شدند که همگی افراد دارای چاقی و یا اضافه وزن بودند. شرکت‌کنندگان دختر ۵۸۹ نفر و ۳۸۱ شرکت‌کننده پسر بودند و در مطالعه جئون[ii] جنسیت ۱۵ شرکت‌کننده مشخص نشده بود. در گروه تمرین ورزشی ۵۷۳ شرکت‌کننده با میانگین سن ۱/۴۸±۱۳/۰۹ و در گروه شاهد ۴۱۲ شرکت‌کننده با میانگین سن ۱/۶۹±۱۲/۸۸ بودند. وضعیت تمرین ورزشی در تمام افراد شرکت‌کننده‌ی گروه تمرین کرده یکسان بود و همه شرکت‌کنندگان پیش از شروع مداخلات غیرفعال بودند (جدول ۱).

ویژگی برنامه‌های تمرین

بیست و چهار مقاله وارد مطالعه فراتحلیل حاضر شدند که نوع تمرین در ۱۲ مطالعه تمرین هوازی[۲۹-۳۳،۳۱، ۳۴، ۳۸، ۳۹، ۴۱، ۴۳، ۴۹، ۵۱] و در ۱۱ مطالعه تمرین ترکیبی،[۳۲، ۳۵-۳۷، ۴۰، ۴۲، ۴۶-۴۸، ۵۰، ۵۲] یک مطالعه تمرین بی‌هوازی[۴۴] بود. تمام مطالعات از روش الایزا (Elisa[iii]) برای اندازه‌گیری مقادیر لپتین و آدیپونکتین سرمی استفاده کرده بودند.

کیفیت مطالعات

نتایج بررسی کیفیت مقالات با استفاده از Pedro نشان داد که حداقل امتیاز کیفیت مقالات ۳ و حداکثر امتیاز ۶ بود.

نتایج فراتحلیل

تحلیل اصلی

آنالیز داده‌های ۲۰ مطالعه نشان داد که تمرین ورزشی سبب کاهش لپتین سرمی [P=۰/۰۰۱ ،(۰/۶۲- الی ۱/۲۵-) SMD=-۰/۹۴] در کودکان چاق می‌شود (شکل ۱).

با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی بالایی وجود دارد (P=۰/۰۰۱، I^2=۷۴/۹۴). هم‌چنین نتایج فراتحلیل حاضر برای ۲۳ مطالعه نشان داد که تمرین ورزشی سبب افزایش آدیپونکتین سرمی [P=۰/۰۰۱ ،(۱/۲۲ الی ۰/۴۸) SMD=۰/۸۵] در کودکان چاق می‌شود (شکل ۲). ناهمگونی با استفاده از آزمون I^2 بررسی شد و نتایج نشان‌دهنده‌ی میزان بالای همگونی بود (I^2=۸۳/۶۱ ،P=۰/۰۰۱).

نتایج تحلیل حساسیت نشان داد، با استفاده از حذف تک به تک مطالعات، میزان اندازه اثر تمرین ورزشی بر لپتین و آدیپو نکتین سرمی، جهت اندازه اثر و P value تغییری نکرد.

تحلیل زیرگروهی

نتایج تحلیل زیرگروهی براساس نوع تمرین نشان داد که هر دو تمرین ترکیبی (هوازی و مقاومتی) [P=۰/۰۰۱، ۱/۰۷- =SMD] و هوازی [P=۰/۰۰۱، SMD=-۰/۸۷] منجر به کاهش لپتین در کودکان چاق شد (جدول ضمیمه ۲). هم‌چنین، داده‌ها برای آدیپونکتین نشان داد که هر دو تمرین ترکیبی (هوازی و مقاومتی) [P=۰/۰۰۵، SMD=۰/۶۳] و هوازی [P=۰/۰۰۱، SMD=۰/۹۷] منجر به افزایش معنی‌دار آدیپونکتین شد (جدول ضمیمه ۳).

i- Comprehensive Meta Analysis
ii -Jeon
iii -Enzyme-linked Immunosorbent Assay

جدول ۱- ویژگی آزمودنی‌ها

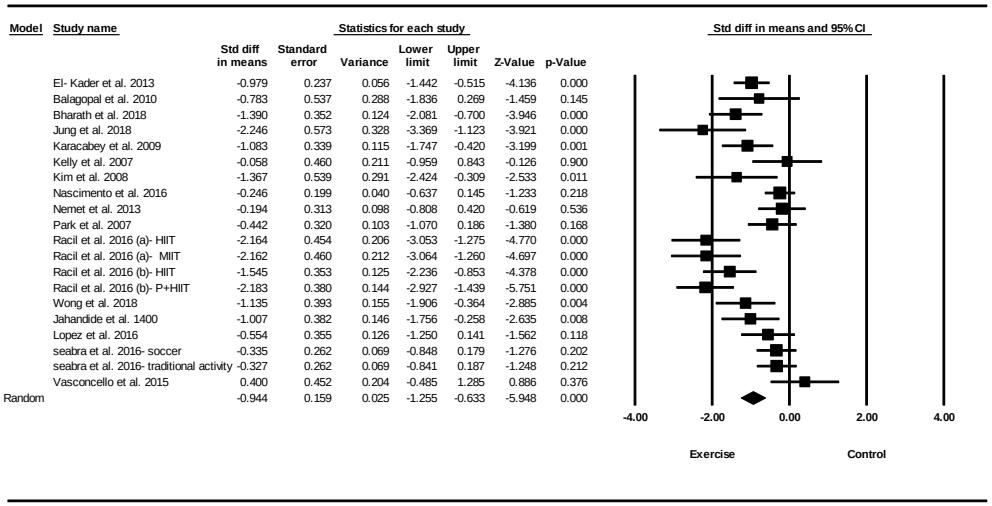
مطالعه - سال	تصادفی یا غیر تصادفی	نمونه (جنسیت)	ویژگی‌های آزمودنی‌ها	متغیرها (روش اندازه‌گیری)	سن (سال)	گروه‌ها	مدت تمرین (هفته)	مدت (دقیقه)	شدت	تعداد جلسات در هفته	مداخله رژیم غذایی	محل انجام مطالعه
الکادر۲۰۱۳ [۳۰]	تصادفی	۸۰ (۴۲ پسر، ۳۸ دختر)	کودکان و نوجوانان چاق-آسم	لپتین (الایزا) آدیپونکتین (الایزا)	تمرین ۱۳/۱۶±۳/۵۴ شاهد ۱۲/۵۷±۳/۲۱	تمرین هوازی شاهد (بی‌تحرک)	۸	۲۵-۴۵	۶۰-۸۰ درصد MHR	۴	رژیم کم کالری: ۲۵۰ کیلوکالری/روز	عربستان
بلاگوپال ۲۰۱۰ [۳۱]	تصادفی	۱۵ (۷ پسر، ۸ دختر)	نوجوانان چاق	لپتین (الایزا)	تمرین ۱۵/۶±۰/۸۴ شاهد ۱۵/۹±۱/۳۲	تمرین هوازی شاهد (بی‌تحرک)	۱۲	۲۰-۴۵	پیاده‌روی سریع	۳	کاهش کالری	امریکا
باراس ۲۰۱۸ [۳۲]	تصادفی	۴۰ دختر	نوجوانان چاق	لپتین (الایزا) آدیپونکتین (الایزا)	تمرین ۱۴/۶±۴/۴۷ شاهد ۱۴/۸±۴/۴۷	تمرین ترکیبی (هوازی و مقاومتی) شاهد (بی‌تحرک)	۱۲	ترکیبی: ۶۵	تمرین مقاومتی: ۱۵-۲۰ تکرار، شدت متوسط تمرین هوازی: ۴۰-۷۰ درصد HRR	۵	مصرف رژیم منظم (۱۹۲۱/۷ کیلوکالری/روز)	امریکا
پارک ۲۰۰۷ [۳۳]	تصادفی	۴۰ دختر	نوجوانان چاق	لپتین (الایزا) آدیپونکتین (الایزا)	تمرین ۱۴/۲±۰/۵ شاهد ۱۴/۱±۰/۵	تمرین هوازی شاهد (بی‌تحرک)	۱۲	۴۰-۵۰	۵۵-۷۵ درصد MHR	۳ (صبح) ۳ (بعدازظهر)	۳ روز در هفته ثبت رژیم غذایی	کره جنوبی
ترابی ۲۰۱۸ [۲۹]	تصادفی	۵۰ (۲۰ پسر، ۳۰ دختر)	نوجوانان چاق	آدیپونکتین (الایزا)	تمرین (دختران) ۱۲/۶±۰/۳۸ تمرین (پسران) ۱۲/۵±۰/۶۳ شاهد (دختران) ۱۲/۴±۱/۹۳ شاهد (پسران) ۱۲/۶±۱/۲۶	تمرین هوازی (HIIT) شاهد (بی‌تحرک)	۶	-	HIIT: ۲۰-۴۰ متر دویدن، استراحت ۲۰-۳۰ ثانیه بین تمرین اینتروال با ۸۵ درصد MHR	۳-۶	ثبت رژیم غذایی	ایران
جانگ ۲۰۱۸ [۳۴]	تصادفی	۲۰ پسر	نوجوانان چاق	لپتین (الایزا) آدیپونکتین (الایزا)	تمرین ۱۳/۹±۰/۹۴ شاهد ۱۳/۹±۰/۶	تمرین هوازی (تکواندو) شاهد (بی‌تحرک)	۱۶	۶۰	۶۰-۸۰ درصد HRR	۳	الگوی غذای یکسان برای تمام شرکت‌کنندگان	امریکا
جئون ۲۰۱۳ [۳۵]	غیر تصادفی	۱۵	کودکان چاق	آدیپونکتین (الایزا)	-	تمرین ترکیبی (مقاومتی-هوازی) شاهد (بی‌تحرک)	۱۲	مقاومتی: ۵۰ هوازی: ۳۰-۳۵	تمرین مقاومتی: ۷۰ درصد 1RM تمرین هوازی: ۵۵ تا ۷۵ درصد MHR	۴	۴	کره جنوبی

مطالعه – سال	تصادفی یا غیر تصادفی	نمونه (جنسیت)	ویژگی‌های آزمودنی‌ها	متغیرها (روش اندازه‌گیری)	سن (سال)	گروه‌ها	مدت تمرین (هفته)	مدت (دقیقه)	شدت	تعداد جلسات در هفته	مداخله رژیم غذایی	محل انجام مطالعه
جهاندیده ۱۴۰۰ [۳۶]	غیر تصادفی	۴۰ پسر	نوجوانان چاق	لپتین (الایزا) آدیپونکتین (الایزا)	تمرین ۱۲/۶۶±۰/۴۷ شاهد ۱۲/۸±۰/۴۲	تمرین ترکیبی (مقاومتی–هوازی) شاهد (بی‌تحرک)	۸	ترکیبی: ۷۰	تمرین مقاومتی: ۲ ست، ۸–۱۰ تکرار تمرین هوازی: ایروبیک	۳	–	ایران
چئی ۲۰۱۰ [۳۷]	تصادفی	۳۸ (۲۱ پسر، ۱۷ دختر)	کودکان چاق	آدیپونکتین (الایزا)	تمرین ۱۰/۴±۳/۱ شاهد ۱۰/۳±۶/۸	ترکیبی (مقاومتی–هوازی) شاهد (بی‌تحرک)	۱۲	۹۰	تمرین رشته‌های (فوتبال، بدمینتون، یوگا، بسکتبال، دویدن) با کاهش ۳۷۰–۴۳۰ کیلو کالری در ساعت	۲	–	کره جنوبی
راسیل ۲۰۱۳ [۳۸]	تصادفی	۳۴ دختر	نوجوانان چاق	آدیپونکتین (الایزا)	HIIT ۱۵/۶±۰/۷ MIIT ۱۶/۳±۰/۵۲ شاهد ۱۵/۹±۱/۲	تمرین هوازی (HIIT) تمرین هوازی (MIIT) شاهد (بی‌تحرک)	۱۲	HIIT: ۲۵ MIIT: ۲۵	HIIT: ۲ ست، ۶–۸ تکرار ۳۰ ثانیه/۳۰ ثانیه، ۱۰۰–۱۱۰ درصد MAS MIIT: ۲ ست، ۶–۸ تکرار ۳۰ ثانیه/۳۰ ثانیه، ۷۰–۸۰ درصد MAS	۳	۴ روز در هفته ثبت رژیم غذایی	تونس
راسیل (a) ۲۰۱۶ [۳۹]	تصادفی	۴۷ دختر	نوجوانان چاق	لپتین (الایزا)	HIIT ۱۴/۲±۱/۲ MIIT ۱۴/۲±۱/۲ شاهد ۱۴/۲±۱/۲	تمرین هوازی (HIIT) تمرین هوازی (MIIT) شاهد (بی‌تحرک)	۱۲	HIIT: ۵۰–۶۰ MIIT: ۵۰–۶۰	۸/۵ کیلومتر در ساعت و هر دقیقه ۰/۵ کیلومتر در ساعت افزایش یافته و ادامه فعالیت تا حد خستگی	۳	۴ روز در هفته ثبت رژیم غذایی	تونس
راسیل (b) ۲۰۱۶ [۴۰]	تصادفی	۶۸ دختر	نوجوانان چاق	لپتین (الایزا) آدیپونکتین (الایزا)	HIIT ۱۶/۶±۰/۹ P+HIIT ۱۶/۵±۱/۲ شاهد ۱۶/۹±۱	تمرین ترکیبی (هوازی "HIIT"– پلیومتریک) شاهد (بی‌تحرک)	۱۲	HIIT: ۳۵–۴۵ MIIT: ۳۵–۴۵	HIIT: ۲ نوبت ۶ تایی با ۴ دقیقه ریکاوری غیرفعال یا ۸ وهله دوی سرعت ۳۰ ثانیه با ۱۰۰–۱۱۰ درصد Vo2peak تمرین پلیومتریک: ۲ نوبت ۳ تایی با ۲ دقیقه با ریکاوری غیرفعال برای هر تمرین	۳	۴ روز در هفته ثبت رژیم غذایی	تونس
سیبرا ۲۰۱۶ [۴۱]	غیر تصادفی	۸۸ پسر	کودکان چاق	آدیپونکتین (الایزا) لپتین (الایزا)	فوتبال ۱۰/۵±۱/۵ تمرین سنتی ۱۰/۷±۱/۲ شاهد ۱۰±۱/۳	تمرین هوازی (فوتبال) تمرین هوازی (تمرین سنتی) شاهد (بی‌تحرک)	۲۶	۹۰–۶۰	تمرین: ۷۰–۸۰ درصد MHR	۳	۳ روز در هفته ثبت غذایی	پرتغال

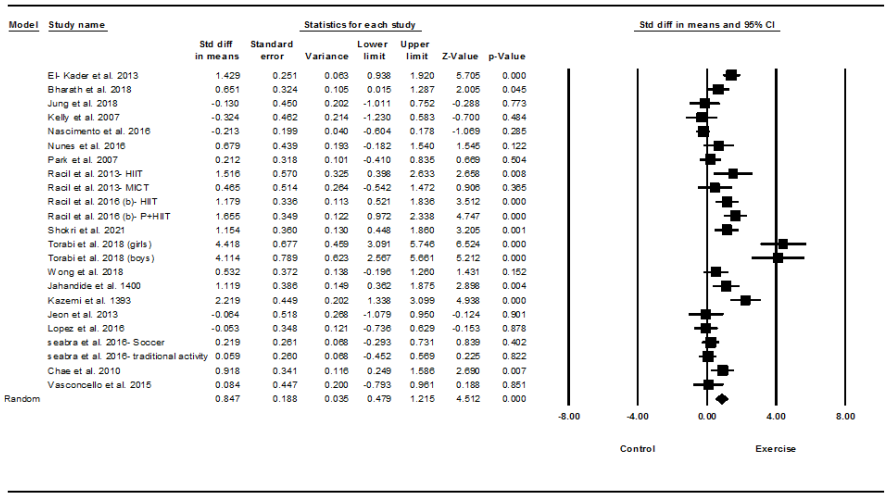
مطالعه - سال	تصادفی یا غیر تصادفی	نمونه (جنسیت)	ویژگی‌های آزمودنی‌ها	متغیرها (روش اندازه‌گیری)	سن (سال)	گروه‌ها	مدت تمرین (هفته)	مدت (دقیقه)	شدت	تعداد جلسات در هفته	مداخله رژیم غذایی	محل انجام مطالعه
شکری ۲۰۲۱ [۴۲]	تصادفی	۳۶ دختر	کودکان اضافه وزن چاق	آدیپونکتین (الایزا)	تمرین ۸/۴۲±۰/۷۵ شاهد ۸/۲۸±۰/۶۴	تمرین ترکیبی (مقاومتی-هوازی) شاهد (بی‌تحرک)	۱۲	ترکیبی: ۶۰	تمرین مقاومتی: ۲-۳ ست با ۱۰-۱۵ تکرار تمرین هوازی: راه رفتن سریع، دویدن و بازی با توپ، ۵۵-۶۵ درصد Vo2max	۳	بدون مداخله رژیم غذایی	ایران
کاراکابی ۲۰۰۹ [۴۳]	تصادفی	۴۰ پسر	کودکان چاق	لپتین (الایزا)	تمرین ۱۱/۸±۰/۵ شاهد ۱۱/۲±۰/۸	تمرین هوازی شاهد (بی‌تحرک)	۱۲	۲۰-۴۵	۶۰-۶۵ درصد HRR	۳	رژیم غذایی یکسان برای تمام شرکت‌کنندگان	ترکیه
کاظمی ۱۳۹۳ [۴۴]	غیر تصادفی	۳۲ پسر	کودکان چاق	آدیپونکتین (الایزا)	تمرین ۹/۸۵±۰/۱۸ شاهد ۱۰/۲±۰/۲	تمرین بی‌هوازی (SIT) شاهد (بی‌تحرک)	۸	-	۳-۶ اینتروال سرعتی ۱۰ ثانیه با استراحت ۳۰ ثانیه و به دنبال آن ۳-۶ اینتروال سرعتی ۳۰ ثانیه با استراحت ۹۰ ثانیه	۳	-	ایران
کلی ۲۰۰۷ [۴۵]	تصادفی	۱۹ (۸ پسر، ۱۱ دختر)	کودکان چاق	لپتین (الایزا) آدیپونکتین (الایزا)	تمرین ۱۰/۸± ۲/۰۱ شاهد ۱۱± ۲/۲۴	تمرین هوازی (دوچرخه ثابت) شاهد (بی‌تحرک)	۸	۳۰-۵۰	۵۰-۸۰ درصد Vo2max	۴	۱۲۳۰-۶۳۱ کیلوکالری	امریکا
کیم ۲۰۰۸ [۴۶]	تصادفی	۱۷ پسر	کودکان و نوجوانان چاق	لپتین (الایزا)	تمرین ۱۱ شاهد ۱۱	تمرین ترکیبی (مقاومتی-هوازی) شاهد (بی‌تحرک)	۱۲	ترکیبی:۵۰	تمرین مقاومتی: ۲۰ تکرار- ۷۰ درصد 1RM تمرین هوازی: ۵۵-۷۵ درصد MHR	۲	رژیم غذایی عادی (۱۶۰۰-۱۷۰۰ کیلوکالری/روز)	کره جنوبی
لوپز ۲۰۱۶ [۴۷]	غیر تصادفی	۳۳ دختر	نوجوانان اضافه وزن	آدیپونکتین (الایزا) لپتین (الایزا)	تمرین ۱۴/۶±۱/۱۵ شاهد ۱۴/۴±۱/۱۶	تمرین ترکیبی (مقاومتی - هوازی) شاهد (بی‌تحرک)	۱۲	ترکیبی: ۶۰	تمرین مقاومتی: ۳ ست ۶-۱۰ تکرار، ۶۰-۷۰ درصد 1RM تمرین هوازی: ۵۰-۸۰ درصد vo2peak	۳	-	برزیل
ناسیمنتو ۲۰۱۶ [۴۸]	غیر تصادفی	۱۱۷ دختر	کودکان و نوجوانان اضافه وزن و چاق	لپتین (الایزا) آدیپونکتین (الایزا)	تمرین ۱۰/۰±۲/۷ شاهد ۱۰/۶±۲/۲	تمرین ترکیبی (مقاومتی-هوازی) شاهد (بی‌تحرک)	۳۲	ترکیبی: ۱۰۰	تمرین دایره ای: شدت متوسط تا شدید ۸۰ درصد MHR	۳	مشاوره تغذیه	پرتغال
نمت ۲۰۱۳ [۴۹]	تصادفی	۴۱ (۲۰ پسر، ۲۱ دختر)	کودکان چاق	لپتین (الایزا) آدیپونکتین (الایزا)	تمرین ۱۰/۴۱±۱/۹۶ شاهد ۱۰/۴۹±۲/۶۷	تمرین هوازی شاهد (بی‌تحرک)	۱۲	۴۵	تمرین هوازی (ورزش تیمی-دویدن)	۳	رژیم کم کالری (۱۲۰۰-۲۰۰۰ کیلوکالری براساس سن و وزن کودک)	اسرائیل

مطالعه – سال	تصادفی یا غیر تصادفی	نمونه (جنسیت)	ویژگی‌های آزمودنی‌ها	متغیرها (روش اندازه‌گیری)	سن (سال)	گروه‌ها	مدت تمرین (هفته)	مدت (دقیقه)	شدت	تعداد جلسات در هفته	مداخله رژیم غذایی	محل انجام مطالعه
نانس ۲۰۱۶ [۵۰]	تصادفی	۲۵ (۱۳ دختر، ۱۲ پسر)	نوجوانان چاق	آدیپونکتین (الایزا)	تمرین ۱۶/۱۸±۱/۵۱ شاهد ۱۵/۴±۱/۲	تمرین ترکیبی (مقاومتی–هوازی) شاهد (بی‌تحرک)	۲۶	هوازی: ۳۰–۵۰ مقاومتی:–	تمرین مقاومتی: ۲–۳ نوبت ۲–۱۸ تکرار بیشینه تمرین هوازی: ۶۰–۱۰۰ درصد Vo2max	۴	کاهش کالری دریافتی (۱ جلسه در هفته)	برزیل
واسکانسلوس ۰۱۵ [۵۱]	تصادفی	۲۰ (۶ دختر، ۱۴ پسر)	نوجوانان چاق	آدیپونکتین (الایزا) لپتین (الایزا)	تمرین ۱۴/۱±۱/۳ شاهد ۱۴/۸±۱/۴	تمرین هوازی (فوتبال تفریحی) شاهد (بی‌تحرک)	۱۲	۶۰	فوتبال تفریحی	۳	–	پرتغال
وانگ ۲۰۱۸ [۵۲]	تصادفی	۳۰ دختر	نوجوانان چاق	لپتین (الایزا) آدیپونکتین (الایزا)	تمرین ۱۵/۲±۴/۶۴ شاهد ۱۵/۳±۴/۲۶	تمرین ترکیبی (مقاومتی–هوازی) شاهد (بی‌تحرک)	۱۲	مقاومتی: ۲۰ هوازی: ۳۰	تمرین مقاومتی: تمرین با کش تمرین هوازی: پیاده روی با ۴۰–۷۰ درصد HRR	۳	بدون رژیم غذایی	امریکا

HIIT, High-intensity interval training (تمرین اینتروال با شدت بالا); MIIT, Moderate-intensity interval training (تمرین اینتروال با شدت متوسط); P+HIIT, Plyometric + HIIT (تمرین ترکیبی پلیومتریک و اینتروال با شدت بالا); SIT, Sprint interval training (تمرین اینتروال سرعتی); MHR, Maximum heart rate (حداکثرضربان قلب); HRR, Heart rate reserve (ضربان قلب ذخیره); Vo2max, maximal oxygen consumption (حداکثر اکسیژن مصرفی); Vo2peak, Peak VO2 (اکسیژن مصرفی بیشینه); 1RM, One-repetition maximum (حداکثر تکرار بیشینه); MAS, Maximal aerobic speed (حداکثر سرعت هوازی)



شکل ۱– نمودار انباشت (Forest plot). اثر تمرین ورزشی بر میزان لپتین سرمی کودکان و نوجوانان چاق



شکل ۲- نمودار انباشت (Forest plot). اثر تمرین ورزشی بر میزان آدیپونکتین سرمی کودکان و نوجوانان چاق

هم‌چنین نتایج تحلیل زیرگروهی براساس سن نشان داد که تمرین ورزشی منجر به کاهش معنی‌دار لپتین در نوجوانان [P=۰/۰۰۱، SMD=-۱/۲۵] و کودکان [P=۰/۰۱، SMD=-۰/٤] و کودکان/نوجوانان [P=۰/۰۲، SMD=-۰/۷٦] شد (جدول ضمیمه ۲).[۳۰،٤٦،٤٨]

جدول ضمیمه ۲- خلاصه تحلیل زیرگروه برای متغیر لپتین

متغیر	تعدیل‌کننده (Moderators)	اندازه اثر (SMD)	سطح معناداری (P-value)
لپتین			
نوع تمرین	تمرین ترکیبی (هوازی و مقاومتی)	-۱/۰۷	۰/۰۰۱
	تمرین هوازی	-۰/۸۷	۰/۰۰۱
سن	نوجوانان	-۱/۲۵	۰/۰۰۱
	کودکان	-۰/٤	۰/۰۱
	کودکان/نوجوانان	-۰/۷٦	۰/۰۲

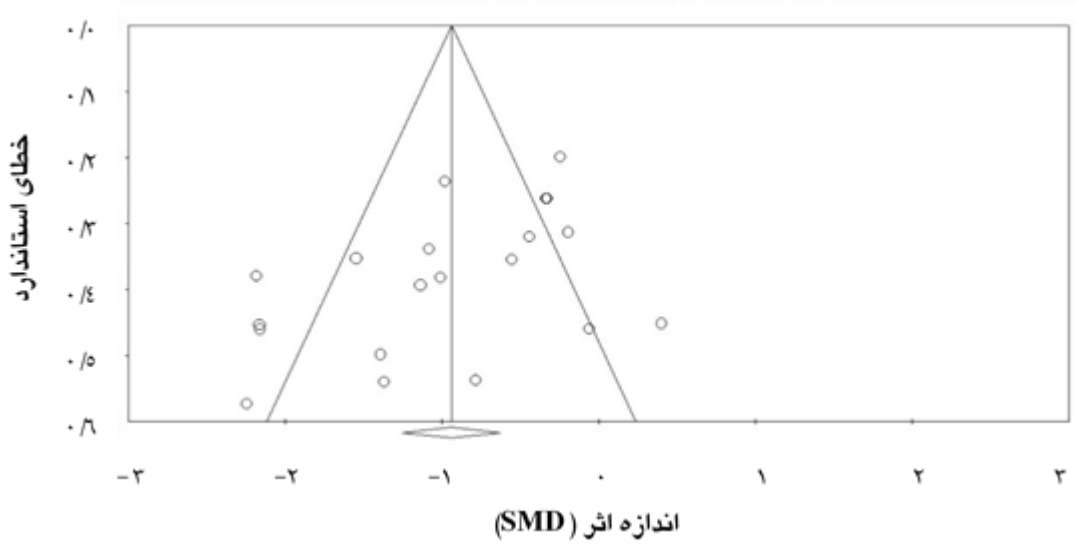
هم‌چنین تمرین ورزشی سبب افزایش معنی‌دار آدیپونکتین در نوجوانان [P=۰/۰۰۱، SMD=۱/۰۵] و کودکان شد [P=۰/۰٤، SMD=۰/۵۹]. با این حال، در دو مطالعه[۳۰،٤٨] تاثیر معنی‌داری بر آدیپونکتین در کودکان/نوجوانان نداشت [P=۰/٤٦، SMD=۰/٦۱] (جدول ضمیمه ۳).

جدول ضمیمه ۳- خلاصه تحلیل زیرگروه برای متغیر آدیپونکتین

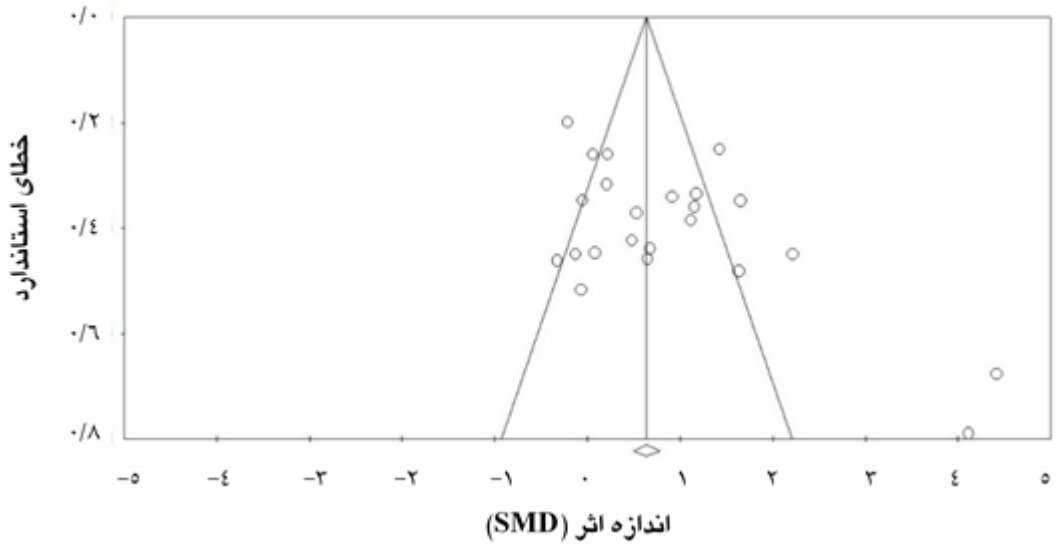
متغیر	تعدیل‌کننده (Moderators)	اندازه اثر (SMD)	سطح معناداری (P-value)
آدیپونکتین			
نوع تمرین	تمرین ترکیبی (هوازی و مقاومتی)	۰/٦۳	۰/۰۰۵
	تمرین هوازی	۰/۹۷	۰/۰۰۱
سن	نوجوانان	۱/۰۵	۰/۰۰۱
	کودکان	۰/۵۹	۰/۰٤
	کودکان/نوجوانان	۰/٦۱	۰/٤٦

سوگیری انتشار

نتیجه تست آزمون Egger نشان‌دهنده وجود سوگیری انتشار معنی‌دار برای لپتین سرمی (P=۰/۰۳) و آدیپونکتین سرمی (P=۰/۰۱) بود. در بررسی سوگیری انتشار به روش چینش و تکمیل نمودار قیفی مشاهده شد که نیاز به افزودن مطالعه به سمت چپ یا راست نمودار برای لپتین وجود ندارد، اما برای آدیپونکتین چنین نیازی وجود داشت (شکل ۳. فونل پلات برای لپتین) (شکل ٤. فونل پلات برای آدیپونکتین).

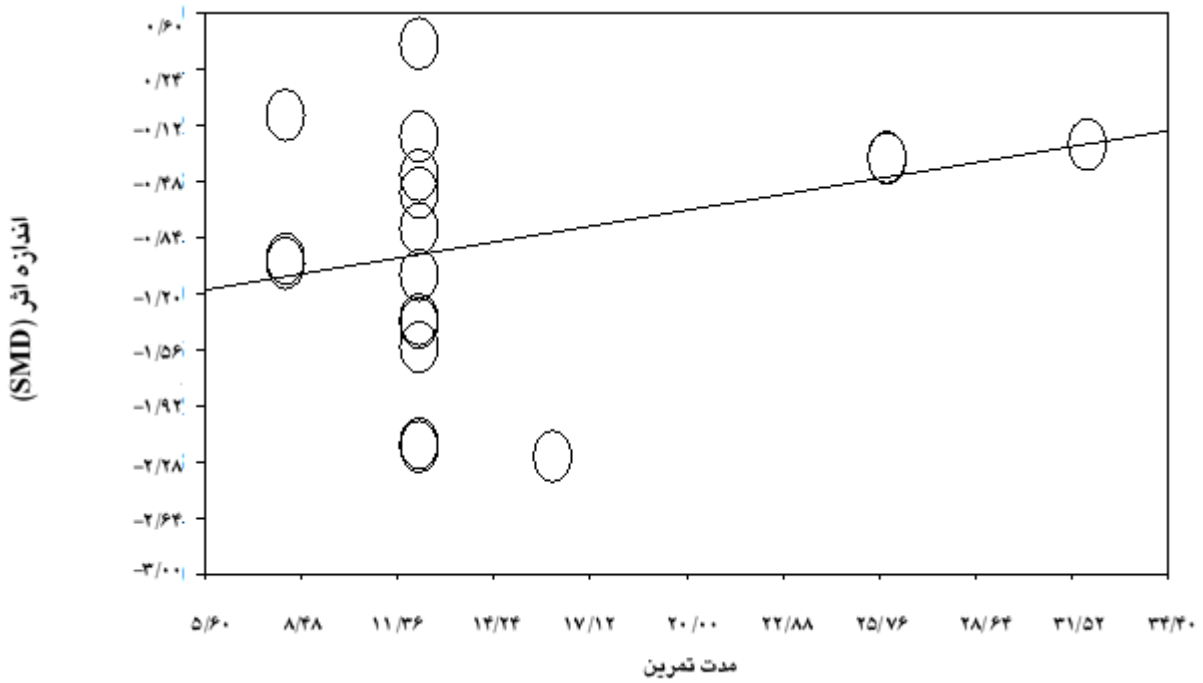


شکل ۳- نمودار فونل پلات (Funnel plot). وجود سوگیری انتشار مربوط به اثر تمرین ورزشی بر میزان لپتین سرمی کودکان و نوجوانان چاق

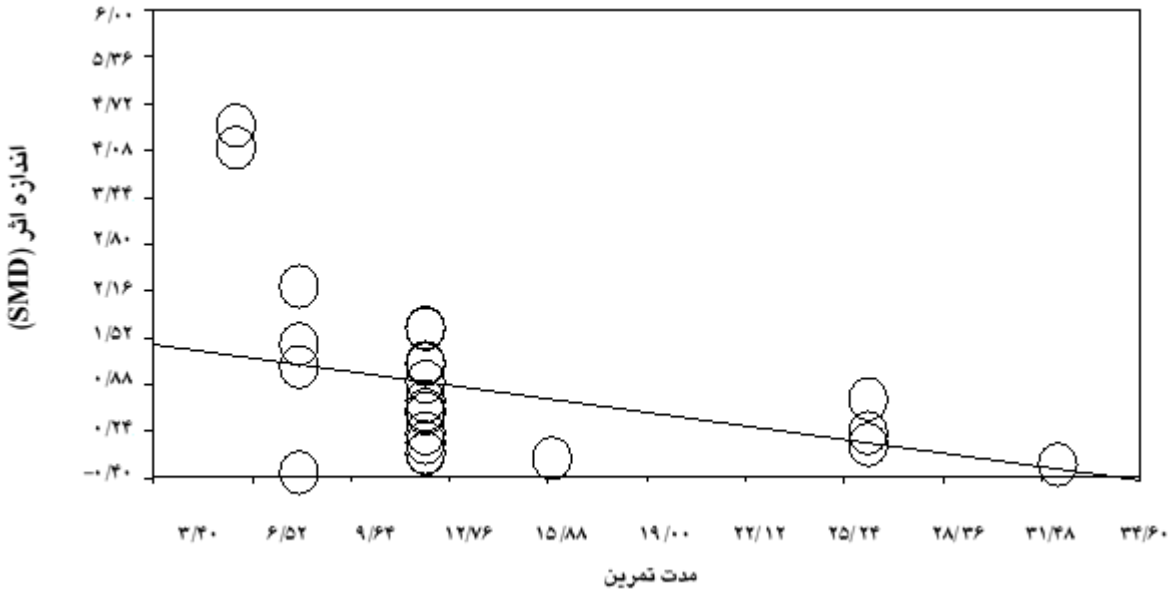


شکل ۴- نمودار فونل پلات (Funnel plot). وجود سوگیری انتشار مربوط به اثر تمرین ورزشی بر میزان آدیپونکتین سرمی کودکان و نوجوانان چاق

نتیجه تحلیل فرارگرسیون با استفاده از روش method of moments نشان داد که بین مدت تمرین با اندازه اثر تمرین ورزشی بر سطوح لپتین سرمی در کودکان و نوجوانان چاق رابطه معناداری (r=-۰/۰۳، P=۰/۱۳) وجود ندارد (شکل ٥). اما بین مدت تمرین با اندازه اثر تمرین ورزشی بر سطوح آدیپونکتین سرمی کودکان چاق رابطه معناداری (r=-۰/۰۷، P=۰/۰۰۱) وجود دارد (شکل ٦).



شکل ۵- نتایج فرارگرسیون برای رابطه مدت تمرین با اندازه اثر (SMD) تمرین ورزشی بر سطوح لپتین سرمی کودکان و نوجوانان چاق



شکل ۶- نتایج فرارگرسیون برای رابطه مدت تمرین با اندازه اثر (SMD) تمرین ورزشی بر سطوح آدیپونکتین سرمی کودکان و نوجوانان چاق

بحث

هدف پژوهش فراتحلیل حاضر، بررسی اثر تمرین ورزشی بر میزان لپتین و آدیپونکتین در کودکان و نوجوانان چاق بود. یافته‌های اصلی مطالعه این بود که تمرین ورزشی به طور قابل ملاحظه‌ای میزان آدیپونکتین سرمی را در کودکان و نوجوانان چاق افزایش و میزان لپتین سرمی را کاهش می‌دهد. هم‌چنین، به نظر می‌رسد که تمرین ورزشی

کوتاه مدت باعث افزایش بیشتری در سطح آدیپونکتین می‌شود، اما مدت تمرین بر میزان لپتین اثرگذار نبود. با توجه به این که ناهمگونی برنامه‌های ورزشی (نوع تمرین و مدت تمرین) و سن آزمودنی‌ها (کودک و نوجوان) می‌تواند بر نتایج اصلی پژوهش اثرگذار باشد، لذا در این مطالعه‌ی فراتحلیل، تحلیل زیرگروهی برای نوع تمرین (ترکیبی و هوازی) و سن افراد (کودک و نوجوان) و فرارگرسیون برای مدت تمرین (کوتاه: کمتر از ۸ هفته، متوسط: ۸ تا ۱۶ هفته و زیاد: ۱۶ هفته به بالا) انجام شده است.

لپتین یکی از نشانگرهای هورمونی شناخته شده برای چاقی است که به سطوح انرژی دریافتی به ویژه در حالت کمبود انرژی بسیار حساس است.[۵۳] مطالعات نشان می‌دهند که افزایش سطح لپتین یکی از پیامدهای نامطلوب سلامتی از جمله چاقی، مقاومت به انسولین و التهاب عمومی در افراد چاق است.[۵۴،۵۵] نتایج فراتحلیل حاضر حاکی از کاهش لپتین سرمی پس از تمرین ورزشی است. با این حال، نتایج برخی از مطالعات غیرتصادفی نشان داد ه است که سطح لپتین در افراد چاق تمرین کرده کاهش پیدا نمی‌کند.[۴۱،۴۷،۴۸] بنابراین، نتایج مطالعات در رابطه با چاقی، لپتین و تمرین ورزشی بحث برانگیز است. به عنوان مثال، باراس[i] و همکاران کاهش سطح لپتین (از ۶/۶±۲۰/۸ به ۴/۴±۱۲/۸ نانوگرم بر میلی‌لیتر) پس از ۱۲ هفته تمرین ترکیبی در نوجوانان چاق را گزارش کردند.[۳۲] در مقابل، واسکانسلوس[ii] و همکاران هیچ تغییر معناداری در سطح لپتین پس از ۱۲ هفته برنامه تفریحی فوتبال در نوجوانان چاق مشاهده نکردند.[۵۱] هم‌چنین سیبرا[iii] و همکاران نشان دادند که تمرین ورزشی به مدت ۲۶ هفته سبب کاهش معنی‌دار لپتین در کودکان چاق می‌شود.[۴۱] دلایل احتمالی برای تفاوت نتایج این مطالعات می‌تواند نوع تمرین، مدت زمان تمرین و یا سن شرکت‌کنندگان در مطالعه باشد. بواسیدا[iv] گزارش کرد که غلظت لپتین پس از تمرین ورزشی حاد کوتاه مدت (<۶۰ دقیقه) و طولانی مدت (≤۶۰ دقیقه) کاهش پیدا می‌کند.[۲۱] هم‌چنین در مطالعات پیشین، میزان لپتین پس از تمرین مزمن با مدت زمان‌های مختلف بررسی شده است و نتایج نشان می‌دهد که لپتین در گردش پس از تمرین کوتاه مدت (کمتر از ۱۲ هفته) و طولانی مدت (۱۲ هفته و یا بیشتر از ۱۲ هفته) در افراد بزرگسال چاق به طور معناداری کاهش پیدا می‌کند.[۵۶-۵۸] نکته قابل توجه این است که نتایج تحلیل فرارگرسیون حاضر نیز یک رابطه آماری معنادار بین لپتین و تغییر در مدت زمان تمرین را نشان نداد (r=-۰/۰۳، P=۰/۱۳). در نتیجه، به نظر می‌رسد مدت تمرین بر میزان لپتین سرمی اثرگذار نباشد. یکی از سازوکارهای احتمالی کاهش لپتین در اثر تمرین ورزشی این است که تمرین ورزشی ممکن است منجر به کاهش وزن و کاهش بافت چربی شود که باعث تغییرات قابل توجهی در سطوح لپتین سرمی در کودکان و نوجوانان چاق شود.

آدیپونکتین یک تنظیم‌کننده مهم حساسیت به انسولین و هموستاز گلوکز است. در مطالعات گذشته ارتباط معکوس بین مقاومت انسولین، دیابت نوع دو و آدیپونکتین در گردش گزارش شده است.[۵۹،۱۰] یک مطالعه مرور نظام مند در بزرگسالان نشان داد که تمرین ورزش میزان آدیپونکتین سرمی را افزایش می‌دهد که اندازه‌های اثر کوچک تا متوسط را نشان داد.[۱۰] یافته‌های مطالعه حاضر در خصوص افزایش آدیپونکتین، نتایج مطالعه فراتحلیل پیشین که بر روی بزرگسالان انجام شده است را در کودکان و نوجوانان چاق تایید می‌کند.[۶۰] بواسیدا[v] و همکاران گزارش کردند که تمرین بدنی با مدت و شدت کافی منجر به افزایش سطح آدیپونکتین در کودکان می‌شود.[۲۱] در مطالعات اخیر نشان داده‌اند که مدت زمان تمرین ورزشی حاد بر میزان آدیپونکتین در بزرگسالان اثرگذار است، به عنوان مثال، یافته‌های دو مطالعه حاکی از کاهش غیرمعنی‌دار آدیپونکتین پس از تمرین طولانی مدت (۱۲۰ دقیقه)[۶۱] و افزایش غیرمعنی‌دار آدیپونکتین پس از تمرین کوتاه مدت (۳۰ دقیقه) در بزرگسالان بود.[۶۲] هم‌چنین در دو پژوهش دیگر، میزان آدیپونکتین نیم ساعت پس از تمرین قایقرانی با مدت زمان کمتر از ۶۰ دقیقه به میزان ۲۰ درصد افزایش پیدا کرد.[۶۳،۶۴] علاوه بر این، در مطالعات پیشین نتایج متناقضی در مورد اثر تمرین ورزشی مزمن کوتاه مدت (<۱۲ هفته) و طولانی مدت (≤۱۲ هفته) بر سطوح آدیپونکتین نشان داده شده است. برخی از مطالعات افزایش آدیپونکتین پس از تمرین دوچرخه سواری کوتاه مدت (۱۰ هفته) در افراد جوان[۶۵] و پس از تمرین ورزشی کوتاه مدت (۸ هفته) در افراد چاق[۶۶] را گزارش کردند. در حالی‌که، نتایج پژوهش‌هایی که اثر تمرین طولانی مدت بر آدیپونکتین را بررسی کرده‌اند

i -Bharath
ii -Vasconcellos
iii -Seabra A
iv -Bouassida
v -Bouassida A

نشان می‌دهد که ۱۹ هفته تمرین ورزشی و تغییر الگوی مصرف غذایی (کاهش ۵۰۰ کیلوکالری انرژی) سبب افزایش آدیپونکتین در بزرگسالان چاق مقاوم به انسولین و غیردیابتی[۶۷] شد، اما ۱۲ هفته تمرین ورزشی منجر به کاهش غیر معنی‌دار آدیپونکتین در افراد چاق بی‌تحرک شد.[۶۸] نتایج تحلیل فرارگرسیون حاضر یک رابطه آماری معنادار بین آدیپونکتین و تغییر در مدت زمان تمرین را نشان داد (P=۰/۰۰۱ ،r=-۰/۰۷). در نتیجه تمرین ورزشی مزمن کوتاه مدت تاثیر بیشتری بر افزایش آدیپونکتین در کودکان و نوجوانان چاق دارد.

یک مطالعه فراتحلیل پیشین نشان داده است که رابطه معنادار بین آدیپونکتین و تغییر در میزان چربی بدن وجود دارد، به طوری‌که تمرین ورزشی در کودکانی که کاهش بیشتری در میزان چربی بدن داشتند، موثرتر بوده است و باعث افزایش چند برابری آدیپونکتین می‌شود.[۶۹] داماسو[i] و همکاران نشان دادند که افزایش قابل توجهی در سطح آدیپونکتین بافت چربی، پس از یک سال تمرین ترکیبی (تمرین هوازی و مقاومتی) رخ داده است که علت آن کاهش قابل توجه توده بدن می‌باشد.[۷۰] در نتیجه، کاهش چربی بدن، کاهش شاخص توده بدن[ii]، بهبود در نیم‌رخ چربی، مقاومت انسولین و افزایش آدیپونکتین سرمی، نشان‌دهنده ارتباط بین تغییرات آدیپونکتین و ترکیب بدن در کودکان چاق است.[۶۹] لازم به ذکر است که آدیپونکتین به عنوان یک هورمون حساس‌کننده نسبت به انسولین شناخته می‌شود که با کاهش محتوای تری‌گلیسیرید کبد و عضله از طریق فعالیت مسیر سیگنالینگ AMPK[iii] عمل می‌کند.[۷۱] احتمالا با انجام تمرین ورزشی AMPK فعال شده[۷۲] و سپس افزایش فعالیت آدیپونکتین منجر به افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب و انتقال GLUT4[iv] به سطح سلول عضلانی می‌شود. در نتیجه، آدیپونکتین خواص مشابه ورزش دارد و هر عاملی مانند تمرین ورزشی می‌تواند باعث افزایش این هورمون شود.[۷۳]

نقاط قوت و محدودیت‌ها

مطالعه حاضر دارای چندین نقاط قوت است. با توجه به اینکه تفاوت در نوع تمرین، مدت و یا شدت تمرین می‌تواند بر نتایج کل فراتحلیل تاثیرگذار باشد، برنامه‌های ورزشی مطالعات وارد شده در این فراتحلیل شامل تمرین هوازی، مقاومتی و ترکیبی بود که با مدت و شدت‌های متفاوتی اجرا شده است. بنابراین، یکی از نقاط قوت مطالعه حاضر این است که با انجام آنالیز زیرگروهی[v] براساس نوع تمرین، اثر تمرین ترکیبی و هوازی بر میزان لپتین و آدیپونکتین در کودکان و نوجوانان چاق بررسی شد. هم‌چنین، تجزیه و تحلیل زیرگروهی بر اساس سن آزمودنی‌ها و فرارگرسیون برای مدت تمرین انجام شد.

با این حال، مطالعه حاضر دارای محدودیت‌هایی می‌باشد. ۱- نتایج تحلیل داده‌ها نشان‌دهنده سطح بالایی از ناهمگونی بود که لازم است در زمان تحلیل نتایج در نظر گرفته شود. ۲- مطالعات وارد شده دارای حجم نمونه پایین بودند. ۳- مطالعات تصادفی موجود تخصیص پنهان را گزارش نکرده بودند و ارزیابی یکسو کور برای متغیر اصلی پژوهش (لپتین و آدیپونکتین) وجود نداشت. ٤- در برخی از مطالعات محدودیت کالری و رژیم غذایی کم کالری اعمال شده بود؛ که می‌تواند برای فراتحلیل حاضر یک محدودیت در نظر گرفته شود. ٥- اگرچه در مطالعه حاضر تحلیلی برای بررسی نقش نوع و مدت تمرین اعمال شد، بهتر بود سایر مولفه‌های تمرینی از جمله شدت تمرین نیز مورد توجه قرار گیرد.

نتیجه‌گیری:

به طور کلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تمرین ورزشی منجر به کاهش لپتین و افزایش آدیپونکتین در کودکان و نوجوانان چاق می‌شود که این نتایج نقش مهم تمرین ورزشی (تمرین ترکیبی و تمرین هوازی) در تنظیم آدیپوکاین‌هارا نشان می‌دهد. بنابراین، هردو نوع تمرین ترکیبی (هوازی و مقاومتی) و هوازی به عنوان یک راهبرد غیردارویی و موثر برای کاهش لپتین و افزایش آدیپونکتین برای کودکان و نوجوانان چاق پیشنهاد می‌شود و احتمالا می‌توانند از عوارض ناشی از اضافه وزن و چاقی جلوگیری کند.

تعارض منافع:

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

i -Dâmaso
ii -BMI Z Score
iii -AMP-activated Protein Kinase
iv -Glucose Transporter 4
v -Subgroup Analyses

References

1. Friedman JM. Obesity in the new millennium. Nature 2000; 404: 632-4.
2. Kershaw EE, Flier JS. Adipose tissue as an endocrine organ. J Clin Endocrinol Metab 2004; 89: 2548-56.
3. Havel PJ. Control of energy homeostasis and insulin action by adipocyte hormones: leptin, acylation stimulating protein, and adiponectin. Curr Opin Lipidol 2002; 13: 51-9.
4. Mohiti-Ardakani J, Afkhami-Ardakani M, Sedghi H. Comparitive Study of Serum Leptin Levels in Diabetic Obese Patients and Non-Diabetic Obese Individuals. Journal Of Shahid Sadoughi University Of Medical Sciences And Health Services 2004; 12: 9-14.[Farsi]
5. De Luis DA, Perez Castrillón JL, Duenas A. Leptin and obesity. Minerva Med 2008; 100: 229-36.
6. Obradovic M, Milovanovic ES, Soskic S, Essack M, Arya S, Stewart AJ, et al. Leptin and obesity: role and clinical implication. Front Endocrinol (Lausanne) 2021; 12: 585887.
7. Kawano J. Arora R. The role of adiponectin in obesity, diabetes, and cardiovascular disease. J Cardiometab Syndr 2009; 4: 44-9.
8. Engin A. Adiponectin-resistance in obesity. Adv Exp Med Biol 2017; 415-41.
9. Balsan GA, Vieira JLDC, Oliveira AM, Portal VL. Relationship between adiponectin, obesity and insulin resistance. Rev Assoc Med Bras (1992) 2015; 61: 72-80.
10. Ouwens DM, Bekaert M, Lapauw B, Nieuwenhove YV, Lehr S, Hartwig S, et al. Chemerin as biomarker for insulin sensitivity in males without typical characteristics of metabolic syndrome. Arch Physiol Biochem 2012; 118: 135-8.
11. Ouchi N, Walsh K. diponectin as an anti-inflammatory factor. Clin Chim Acta 2007; 380: 24-30.
12. Sirico F, Bianco A, Alicandro G, Castaldo C, Montagnani S, Spera R, et al. Effects of physical exercise on adiponectin, leptin, and inflammatory markers in childhood obesity: systematic review and meta-analysis. Child Obes 2018; 14: 207-17.
13. Kazeminasab F, Marandi SM, Ghaedi K, Safaeinejad Z, Esfarjani F, Nasr-Esfahani MH. A comparative study on the effects of high-fat diet and endurance training on the PGC-1α-FNDC5/irisin pathway in obese and nonobese male C57BL/6 mice. Appl Physiol Nutr Metab 2018; 43: 651-62.
14. Shirkhani S, Marandi SM, Kazeminasab F, Esmaeili M, Ghaedi K, Esfarjani F, et al. Comparative studies on the effects of high-fat diet, endurance training and obesity on Ucp1 expression in male C57BL/6 mice. Gene 2018; 676: 16-21.
15. Kazeminasab F, Marandi SD, Baharlooie M, Nasr-Esfahani MH, Ghaedi K. Modulation and bioinformatics screening of hepatic mRNA-lncRNAs (HML) network associated with insulin resistance in prediabetic and exercised mice. Nutr Metab (Lond) 2021; 18: 1-16.
16. Khalafi M, Mohebbi H, Symonds ME, Karimi P, Akbari A, Tabari E, et al. The impact of moderate-intensity continuous or high-intensity interval training on adipogenesis and browning of subcutaneous adipose tissue in obese male rats. Nutrients 2020; 12: 925.
17. Khalafi M, Symonds ME. The impact of high intensity interval training on liver fat content in overweight or obese adults: A meta-analysis. Physiol Behav 2021; 236: 113416.
18. Khalafi M, Symonds ME. The impact of high-intensity interval training on inflammatory markers in metabolic disorders: A meta-analysis. Scand J Med Sci Sports 2020; 30: 2020-36.
19. Balagopal P, George D, Yarandi H, Funanage V, Bayne E. Reversal of obesity-related hypoadiponectinemia by lifestyle intervention: a controlled, randomized study in obese adolescents. J Clin Endocrinol Metab 2005; 90: 6192-7.
20. McMurray RG, Hackney AC. Interactions of metabolic hormones, adipose tissue and exercise. Sports Med 2005; 35: 393-412.
21. Bouassida A, Chamari K, Zaouali M, Feki Y, Zbidi A, Tabka Z. Review on leptin and adiponectin responses and adaptations to acute and chronic exercise. Br J Sports Med 2010; 44: 620-30.
22. Hayashino Y, Jackson JL, Hirata T, Fukumori N, Nakamura F, Fukuhara S, et al. Effects of exercise on C-reactive protein, inflammatory cytokine and adipokine in patients with type 2 diabetes: a meta-analysis of randomized controlled trials. Metabolism 2014; 63: 431-40.
23. Jamurtas AZ, Kalinoglou AS, Koutsias S, Koutedakis Y, Fatouros I. Adiponectin, resistin, and visfatin in childhood obesity and exercise. Pediatr Exerc Sci 2015; 27: 454-62.
24. Khalafi M, Malandish A, Rosenkranz SK, Ravasi AA. Effect of resistance training with and without caloric restriction on visceral fat: A systemic review and meta-analysis. Obes Rev 2021; 22: e13275.
25. Khalafi M, Alamdari KA, Symonds ME, Nobari H, Vivas JC. Impact of acute exercise on immediate and following early post-exercise FGF-21 concentration in adults: Systematic review and meta-analysis. Hormones 2021; 20: 23-33.
26. Gordon BR, McDowell CP, Hallgren M, Meyer JD, Lyons M, Herring MP. Association of efficacy of resistance exercise training with depressive symptoms: meta-analysis and meta-regression analysis of randomized clinical trials. JAMA Psychiatry 2018; 75: 566-576.
27. Wen H, Wang L. Reducing effect of aerobic exercise on blood pressure of essential hypertensive patients: A meta-analysis. Medicine 2017; 96: e6150.
28. Torabi, F, Safakish S, Farahani A, Ramezankhani A, et al. Effect of high intensity interval training on serum adiponectin and motor proficiency in student boys with attention deficit hyperactivity disorder. Journal of Shahrekord Uuniversity of Medical Sciences, 2017; 19: 105-16.
29. Torabi F, Safakish S, Farahani A, Ramezankhani A, Dehghan F. Evaluation of motor proficiency and adiponectin in adolescent students with attention deficit hyperactivity disorder after high-intensity intermittent training. Psychiatry Res 2018; 261: 40-4. [Farsi]
30. El-Kader MSA, Jiffri OA, Ashmawy E. Impact of weight loss on markers of systemic inflammation in obese Saudi children with asthma. Afr Health Sci 2013; 13: 682-8.
31. Balagopal PB, Gidding SS, Buckloh LM, Yarandi HN, Sylvester JE, George DE, et al. Changes in circulating satiety hormones in obese children: a randomized controlled physical activity-based intervention study. Obesity 2010; 18: 1747-53.
32. Bharath LP, Choi WW, Cho JM, Skobodzinski AA, Wong A, Sweeney TE, et al. Combined resistance and aerobic exercise training reduces insulin resistance and central adiposity in adolescent girls who are obese: randomized clinical trial. Eur J Appl Physiol 2018; 118: 1653-60.
33. Park, TG, Hong HR, Lee J, Kang HS. Lifestyle plus exer cise intervention improves metabolic syndrome markers

without change in adiponectin in obese girls. Ann Nutr Metab 2007; 51: 197-203.
34. Jung HC, Song JK. Decreased abdominal fat and improved bone metabolism after taekwondo training in obese adolescents. Kinesiology 2018; 50: 79-88.
35. Jeon JY, Han J, Kim HJ, Park MS, Seo DY, Kwak YS. The combined effects of physical exercise training and detraining on adiponectin in overweight and obese children. Integr Med Res 2013; 2: 145-50.
36. Jahandideh AA, Rohani H, Rajabi H, Joneidi MS. Effect of 8-weeks of Combined Exercise Training on Plasma Leptin and Adiponectin levels in Obese Boys. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology 2021; 8: 25-33. [Farsi]
37. Chae HW, Kwon YN, Rhie YJ, Kim HS, Kim YS, Paik IY, et al. Effects of a structured exercise program on insulin resistance, inflammatory markers and physical fitness in obese Korean children. J Pediatr Endocrinol Metab 2010; 23: 1065-72.
38. Racil G, Ounis OB, 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: 2531-40.
39. Racil G, Coquart JB, 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: 145-52.
40. Racil G, Zouhal H, Elmontassar W, Abderrahmane AB, Sousa MVD, Chamari K, et al. Plyometric exercise combined with high-intensity interval training improves metabolic abnormalities in young obese females more so than interval training alone. Appl Physiol Nutr Metab 2016; 41: 103-9.
41. Seabra A, Katzmarzyk P, Carvalho MJ, Seabra A, Silva MCE, Abreu S, et al. Effects of 6-month soccer and traditional physical activity programmes on body composition, cardiometabolic risk factors, inflammatory, oxidative stress markers and cardiorespiratory fitness in obese boys. J Sports Sci 2016; 34: 1822-9.
42. Shokri E, Heidarianpour A, Razavi Z. Positive effect of combined exercise on adipokines levels and pubertal signs in overweight and obese girls with central precocious puberty. Lipids Health Dis 2021; 20: 1-14.
43. Karacabey K. The effect of exercise on leptin, insulin, cortisol and lipid profiles in obese children. J Int Med Res 2009; 37: 1472-8.
44. Kazemi AR, Rahmati M, Eskandari F, Taherabadi SJ. Effect of 8 weeks sprint interval training on serum levels of Adiponectin and insulin in overweight children. ISMJ 2016; 19: 37-47. [Farsi]
45. Kelly AS, Steinberger J, Olson TP, Dengel DR. In the absence of weight loss, exercise training does not improve adipokines or oxidative stress in overweight children. Metabolism 2007; 56: 1005-9.
46. Kim HJ, Lee S, Kim TW, Kim HH, Jeon TY, Yoon YS, et al. Effects of exercise-induced weight loss on acylated and unacylated ghrelin in overweight children. Clin Endocrinol 2008; 68: 416-22.
47. Lopes WA, Leite N, Silva LRD, Brunelli DT, Gáspari AF, Radominski RB, et al. Effects of 12 weeks of combined training without caloric restriction on inflammatory markers in overweight girls. J Sports Sci 2016; 34: 1902-12.
48. Nascimento H, Alves AI, Medeiros AF, Coimbra S, Catarino C, Rocha EBD, et al. Impact of a school-based intervention protocol—ACORDA project—on adipokines in an overweight and obese pediatric population. Pediatr Exerc Sci 2016; 28: 407-16.
49. Nemet D, Oren S, Pantanowitz M, Eliakim A. Effects of a multidisciplinary childhood obesity treatment intervention on adipocytokines, inflammatory and growth mediators. Horm Res Paediatr 2013; 79: 325-32.
50. Nunes JED, Cunha HS, Freitas ZR, Nogueira AMC, Dâmaso AR, Espindola FS, et al. Interdisciplinary therapy changes superoxide dismutase activity and adiponectin in obese adolescents: a randomised controlled trial. J Sports Sci 2016; 34: 945-50.
51. Vasconcellos F, Seabra A, CunhaF, Montenegro R, Penha J, Bouskela E, et al. Health markers in obese adolescents improved by a 12-week recreational soccer program: a randomised controlled trial. J Sports Sci 2016; 34: 564-75.
52. Wong A, Gonzalez MAS, Son WM, Kwak YS, Park SY. The effects of a 12-week combined exercise training program on arterial stiffness, vasoactive substances, inflammatory markers, metabolic profile, and body composition in obese adolescent girls. Pediatr Exerc Sci 2018; 30: 480-6.
53. Mantzoros CS, Magkos F, Brinkoetter M, Sienkiewicz E, Dardeno TA, Kim SY, et al., Leptin in human physiology and pathophysiology. Am J Physiol Endocrinol Metab 2011; 301: E567-E584.
54. Li S, Liu R, Arguelles L, Wang G, Zhang J, Shen X, et al. Adiposity trajectory and its associations with plasma adipokine levels in children and adolescents—A prospective cohort study. Obesity 2016; 24: 408-16.
55. Mantovani RM, Rocha NP, Magalhães DM, Barbosa IG, Teixeira AL, Silva ACS, et al. Early changes in adipokines from overweight to obesity in children and adolescents. J Pediatr 2016; 92: 624-30.
56. Sari R, Balci MK, Balci N, Karayalcin U. Acute effect of exercise on plasma leptin level and insulin resistance in obese women with stable caloric intake. Endocr Res 2007; 32: 9-17.
57. Ozcelik O, Celik H, Ayar A, Serhatlioglu S, Kelestimur H. Investigation of the influence of training status on the relationship between the acute exercise and serum leptin levels in obese females. Neuro Endocrinol Lett 2004; 25: 381-385.
58. Polak J, Klimcakova E, Moro C, Viguerie N, Berlan M, Hejnova J, et al. Effect of aerobic training on plasma levels and subcutaneous abdominal adipose tissue gene expression of adiponectin, leptin, interleukin 6, and tumor necrosis factor α in obese women. Metabolism 2006; 55: 1375-81.
59. Golbidi S, Laher I. Exercise induced adipokine changes and the metabolic syndrome. J Diabetes Res 2014; 2014: 726861.
60. Yu N, Ruan Y, Gao X, Sun J. Systematic review and meta-analysis of randomized, controlled trials on the effect of exercise on serum leptin and adiponectin in overweight and obese individuals. Horm Metab Res 2017; 49: 164-73.
61. Punyadeera C, Zorenc AHG, Koopman R, McAinch AJ, Smit E, Manders R, et al. The effects of exercise and adipose tissue lipolysis on plasma adiponectin concentration and adiponectin receptor expression in human skeletal muscle. Eur J Endocrinol 2005; 152: 427-36.
62. Kraemer RR, Aboudehen KS, Carruth AK, Durand RTJ, Acevedo EO, Hebert EP, et al. Adiponectin responses to continuous and progressively intense intermittent exercise. Med Sci Sports Exerc 2003; 35: 1320-5.

63. Jürimäe J, Hofmann P, Jürimäe T, Mäestu J, Purge P, Wonisch M, et al. Plasma adiponectin response to sculling exercise at individual anaerobic threshold in college level male rowers. Int J Sports Med 2006; 27: 272-7.
64. Jürimäe J, Purge P, Jürimäe T. Adiponectin is altered after maximal exercise in highly trained male rowers. Eur J Appl Physiol 2005; 93: 502-5.
65. Lim S, Choi SH, Jeong IK, Kim JH, Moon MK, Park KS, et al. Insulin-sensitizing effects of exercise on adiponectin and retinol-binding protein-4 concentrations in young and middle-aged women. J Clin Endocrinol Metab 2008; 93: 2263-8.
66. Hara T, Fujiwara H, Nakao H, Mimura T, Yoshikawa T, Fujimoto S, et al. Body composition is related to increase in plasma adiponectin levels rather than training in young obese men. Eur J Appl Physiol 2005; 94: 520-6.
67. Shadid S, Stehouwer CD, Jensen MD. Diet/Exercise versus pioglitazone: effects of insulin sensitization with decreasing or increasing fat mass on adipokines and inflammatory markers. J Clin Endocrinol Metab 91: 3418-25.
68. O'Leary VB, Marchetti CM, Krishnan RK, Stetzer BP, Gonzalez F, Kirwan JP. Exercise-induced reversal of insulin resistance in obese elderly is associated with reduced visceral fat. J Appl Physiol 2006; 100: 1584-9.
69. García-Hermoso A, Ceballos-Ceballos RJM, Poblete-Aro CE, Hackney AC, Mota J, Ramírez-Vélez R, et al. Exercise, adipokines and pediatric obesity: a meta-analysis of randomized controlled trials. Int J Obes 2017; 41: 475-82.
70. Dâmaso AR, Campos RMDS, Caranti DA, Piano AD, Fisberg M, Foschini D, et al. Aerobic plus resistance training was more effective in improving the visceral adiposity, metabolic profile and inflammatory markers than aerobic training in obese adolescents. J Sports Sci 2014; 32: 1435-45.
71. Corte de Araujo AC, Roschel H, Picanço AR, do Prado DM, Villares SM, de Sá Pinto AL, et al. Similar health benefits of endurance and high-intensity interval training in obese children. PLoS One 2012: e42747.
72. Kazeminasab F, Marandi SM, Baharlooie M, Safaeinejad Z, Nasr-Esfahani MH, Ghaedi K. Aerobic exercise modulates noncoding RNA network upstream of FNDC5 in the Gastrocnemius muscle of high-fat-diet-induced obese mice. J Physiol Biochem 2021; 77: 589-600.
73. Foroutan Y, Parnow AH, Daneshyar S. Independent and combined effects of intense aerobic training and detraining on serum levels of leptin, adiponectin and factors associated with overweight. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology 2017; 4: 34-41. [Farsi]

Review Article

The Impact of Exercise on Serum Levels of Leptin and Adiponectin in Obese Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis

Kazeminasab F, Baharlooie M, Khalafi M

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

e-mail: fkazeminasab@kashanu.ac.ir

Received: 18/06/2022 **Accepted**: 25/07/2022

Abstract

Introduction: This study aimed to evaluate the effect of exercise on serum levels of leptin and adiponectin in obese children and adolescents. Materials and Methods: A systematic search of the published Persian- and English-language studies from PubMed, Web of Science, SID, and Magiran databases was done using related keywords up to February 2022. After selecting articles based on the inclusion criteria, a result meta-analysis was performed. Effect size (SMD) and 95% confidence interval (CI) were calculated using a random-effects model. Also, the I^2 test was used to determine the heterogeneity, and the Funnel plot test and Egger's test were used to determine publication bias. Results: The results of 24 studies on 985 obese children and adolescents showed that exercise caused a significant decrease in serum leptin [SMD=-0.94 (CI:-1.25 to -0.62) p=0.001] but a significant increase in serum adiponectin [SMD=0.85 (CI:0.48 to 1.22) p=0.001]. Also, the meta-regression results showed that the duration and effect of exercise were not significantly correlated with serum leptin levels in obese children and adolescents (r=-0.03, P=0.13) but were significantly correlated with serum adiponectin levels in obese children (r=-0.07, P=0.001). Conclusion: The present study results showed that both types of exercises (resistance and aerobic) reduced the circulating levels of leptin but increased adiponectin in obese children and adolescents.

Keywords: Exercise training, Leptin, Adiponectin, Children, Adolescents, Obesity