

مقاله اصلی

تأثیر تمرینات ورزشی بر عملکرد عروقی در کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن و چاقی: مرور نظام‌مند با فراتحلیل

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۵ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۰

خلاصه

مقدمه: هدف مرور سیستماتیک و فراتحلیل حاضر، بررسی اثر تمرینات ورزشی بر شاخص اتساع وابسته به جریان (FMD) در کودکان و نوجوانان دارای اضافه‌وزن و چاقی بود.

روش کار: جستجوی جامعی در سه پایگاه داده الکترونیکی شامل PubMed، Scopus و Web of Science تا فروردین ۱۴۰۲ با استفاده از کلیدواژه‌هایی مانند "تمرین ورزشی"، "عملکرد اندوتلیال"، "کودکان و نوجوانان" و "چاقی" انجام شد. تفاوت میانگین وزنی (WMD) و فاصله اطمینان ۹۵ درصد (۹۵ درصد CIs) با استفاده از مدل اثرات تصادفی برای مقایسه تمرین ورزشی با گروه کنترل محاسبه شد. همچنین، تحلیل زیرگروهی براساس طول مداخله ورزشی و سن آزمودنی‌ها (سن تا ۱۰ سال و سن ۱۰ تا ۱۸ سال) انجام شد.

نتایج: در مجموع ۳۷۹ کودک و نوجوان دارای اضافه‌وزن و چاقی از ۹ مطالعه وارد فراتحلیل شدند. تمرین ورزشی به‌طور معنی‌داری FMD را نسبت به کنترل افزایش داد [$P=0/03$ ، (۲/۶۱) الی (۰/۱۲) WMD: ۱/۳۶ (CI: -۱/۶۴ الی ۰/۵۶)، $P=0/۳۳$ ، (۰/۵۶) الی (-۱/۶۴) WMD: -۰/۵۴]. تحلیل زیرگروهی براساس مدت مداخله نشان داد که مداخلات کوتاه‌مدت تأثیر مثبت معنی‌داری بر FMD دارند [$P=0/02$ ، (۲/۸۴) الی (۰/۱۷) WMD: ۱/۵۱ (CI: ۰/۱۷ الی ۲/۸۴)]، در حالی که تحلیل زیرگروهی بر اساس سن، تفاوت معنی‌داری نشان نداد.

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه حاضر تأیید می‌کند که تمرینات ورزشی می‌تواند بدون نیاز به کاهش وزن، عملکرد عروقی کودکان و نوجوانان دارای اضافه‌وزن و چاقی را بهبود دهد و به عنوان راهبردی غیر دارویی در پیشگیری از بیماری‌های قلبی عروقی مؤثر باشد.

کلمات کلیدی: تمرینات ورزشی، عملکرد عروقی، چاقی، کودکان و نوجوانان

موسی خلفی^{*۱}

فاطمه سادات طباطبائی^۲

فاطمه سادات حسینی^۲

فائقه قاسمی^۳

^۱ استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم

انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد تربیت بدنی و علوم ورزشی،

دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

^۳ دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم

ورزشی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران

* نویسنده‌ی مسئول: استادیار گروه تربیت بدنی و علوم

ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

Email: Mousa.khalafi@kashanu.ac.ir

مقدمه

شیوع اضافه وزن و چاقی در سطح جهانی به عنوان یک عامل خطر دهنده برای سلامت جوامع به شمار می رود (۱، ۲). چاقی کودکان اغلب تا بزرگسالی ادامه دارد (۳) و با عوامل خطرزای بیماری های مزمن مانند بیماری قلبی عروقی و دیابت نوع ۲ همراه است (۴، ۵). ترکیبی از چاقی، فشار خون بالا و سایر عوامل خطرزای قلبی-متابولیکی به طور قابل توجهی احتمال پیامدهای نامطلوب قلبی عروقی را افزایش می دهند و نیازمند ملاحظات و راهکارهای درمانی مطلوب می باشند (۶). اختلال در عملکرد عروقی ممکن است به افزایش خطر بیماری های قلبی عروقی کمک کند، زیرا تصلب شرایین در دوران کودکی شروع می شود و اختلال عملکرد اندوتلیال به عنوان یک رویداد اولیه در ایجاد آترواسکلروز شناسایی شده است (۷). اختلال عملکرد اندوتلیال با عدم تعادل بین اتساع عروق و انقباض عروق و افزایش التهاب، استرس اکسیداتیو و کاهش تولید نیتریک اکساید مشخص می شود (۸، ۹). شواهد قوی وجود دارد که کودکان چاق و نوجوانان دارای انقباض و انبساط شریانی کمتری نسبت به گروه کنترل همسان سالم خود هستند. اختلال عملکرد اندوتلیال به عنوان یک هشدار و پیش آگهی برای کودکان چاق مهم است، زیرا می تواند حوادث قلبی عروقی آینده را پیش بینی کند (۱۰، ۱۱). سفتی شریانی، همچنین خاصیت ارتجاعی و عملکرد اندوتلیال، معمولاً با اندازه گیری سرعت موج پالس، ضخامت اینتیمای-مدیا و اتساع به واسطه جریان (FMD)^۱ منعکس می شود. اختلال در کشش عروق منجر به سفتی شریان می شود که به نوبه خود عملکرد آئورت را مختل می کند و آترواسکلروز در مراحل اولیه را پیش بینی می کند (۱۲). در همین راستا، یک متآنالیز در سال ۲۰۱۳ نشان داد که کاهش ۱ درصدی در FMD با افزایش ۱۳ درصدی در خطر حوادث قلبی عروقی در آینده مرتبط است (۱۱).

شواهد متعددی وجود دارد که تمرینات ورزشی اثرات مفیدی را در کاهش برخی از عوارض نامطلوب بیماری های قلبی عروقی دارند (۱۳-۱۶). پیش بینی می شود این اثرات از طریق تعدیل نشانگرهای التهابی، پروفایل لیپیدی، نشانگرهای قند خون، و عملکرد عروقی رخ می دهد (۱۷-۲۰). افزایش عملکرد عروقی به واسطه تمرینات ورزشی ممکن است احتمال بیماری های قلبی عروقی در آینده را از طریق کاهش خطر عوارض قلبی عروقی کاهش دهد. در همین راستا، بررسی های پیشین نشان داد که اختلال در عملکرد گشادکننده عروق با تمرینات ورزشی بهبود می یابد (۱۸، ۲۱). فراتحلیل های قبلی انجام شده در بزرگسالان با و بدون بیماری های قلبی عروقی و متابولیکی نیز نشان داده اند که تمرینات ورزشی می تواند راهبرد مناسبی برای بهبود عملکرد اندوتلیال باشد. با این حال، فراتحلیل بسیار محدودی در زمینه آثار تمرینات ورزشی بر عملکرد اندوتلیال در کودکان و نوجوانان وجود دارد یک متآنالیز در سال ۲۰۱۵ نشان داد تمرینات ورزشی عملکرد عروقی را در کودکان چاق و دارای اضافه وزن بهبود می بخشد (۲۲). اخیراً یک مطالعه توسط چن^۲ و همکاران تأثیر انواع تمرینات ورزشی بر شاخص های سختی شریانی را در کودکان چاق و دارای اضافه وزن مورد بررسی قرار داد، آن ها نشان دادند تمرینات ورزشی عملکرد اندوتلیال را به طور معنی داری بهبود می بخشد (۱۲). علاوه بر این، مطالعات کارآزمایی های بالینی در کودکان و نوجوانان نشان داده اند که تمرین ورزشی ممکن است اثرات مفیدی بر بهبود عملکرد اندوتلیال داشته باشد (۲۳-۲۶)، اگرچه مطالعاتی نیز وجود دارند که اثرات مفیدی به دنبال تمرینات ورزشی گزارش نکرده اند (۲۷-۳۱). از همین رو با توجه به مطالعات چاپ شده در سال های اخیر، متآنالیز حاضر به منظور بررسی اثرات تمرین ورزشی بر عملکرد عروقی در کودکان و

² Cheng¹ Flow-Mediated Dilatation (FMD)

نوجوانان چاق براساس طول مداخلات و همچنین طبقه بندی سنی کودکان انجام شد.

روش کار

روش اجرای پژوهش

فرا تحلیل حاضر مطابق با دستورالعمل‌های ذکر شده در بیانیه Preferred Reporting Items for Systematic (PRISMA) (Reviews and Meta-Analyses) انجام و گزارش شده است.

جستجوی نظام‌مند

جستجوی جامع در پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed، Web of Science، Scopus، مگیران و نورمگز از آغاز تا تاریخ ۷ فروردین ۱۴۰۲ انجام شد. کلید واژه‌های به کار گرفته شده در پایگاه‌های لاتین شامل موارد زیر بود.

("exercise training" OR "physical training" OR "exercise" OR "exercise intervention") AND ("arterial function" OR "vascular function" OR "vascular dysfunction" OR "flow mediated dilation" OR "endothelium dependent dilation") AND ("child" OR "adolescent") AND ("obesity" OR "overweight")

در پایگاه‌های فارسی مانند مگیران و نورمگز، جستجو با استفاده از کلیدواژه‌های «تمرین ورزشی»، «فعالیت بدنی»، «عملکرد عروقی»، «سختی شریانی»، «کودک»، «نوجوان»، «چاقی» و «اضافه‌وزن» انجام شد. علاوه براین، فهرست مقالات استخراج شده به روش دستی مورد جستجو قرار گرفت. جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی به صورت مستقل توسط دو نویسنده انجام شد و هر گونه اختلاف نظر با راهنمایی نویسنده سوم حل شد.

معیارهای ورود و خروج

مطالعاتی وارد فراتحلیل حاضر شدند که دارای ویژگی‌های زیر بودند، که مطابق با چارچوب PICOS تنظیم شده‌اند: (۱) مطالعات با آزمودنی‌های انسان با میانگین سنی کمتر از ۱۸ سال و دارای اضافه وزن یا چاقی بودند، (۲) مطالعات بررسی کننده اثر تمرینات ورزشی با طول مداخله بیشتر از ۲ هفته، (۳) در ارتباط با نوع مطالعات، مداخلات کارآزمایی بالینی با گروه کنترل برای مقایسه با گروه تمرین؛ (۳) مطالعات اندازه گیری کننده FMD، (۴)

طرح مطالعه از نوع کارآزمایی بالینی کنترل شده وارد تحقیق شدند. همچنین، مطالعات چاپ شده در مجلات انگلیسی و فارسی زبان وارد فراتحلیل شدند. مطالعات انجام شده در نمونه-های حیوانی، مطالعات غیر اصیل از جمله مقالات مروری و فراتحلیل و مطالعات با اطلاعات ناکافی برای انجام فراتحلیل از مطالعه کنار گذاشته شدند. بررسی مقالات بر اساس معیارهای ورود و خروج به طور مستقل توسط دو نویسنده انجام شد و هر گونه تناقض و اختلاف نظر از طریق مشورت با نویسنده سوم حل شد.

استخراج داده‌ها

پس از بررسی مقالات استخراج شده، اطلاعات لازم برای گزارش نتایج و انجام فراتحلیل از مقالات واجد شرایط برای ورود به تحقیق به طور مستقل توسط دو نویسنده جمع آوری شد. اطلاعات جمع آوری شده شامل: (۱) ویژگی‌های مطالعات شامل نوع مطالعه و حجم نمونه، (۲) ویژگی‌های آزمودنی‌ها شامل سن و شاخص توده بدنی (۳) ویژگی‌های مداخلات ورزشی (۴) شامل نوع تمرین، شدت تمرین، مدت تمرین، تواتر جلسات ورزشی در هفته و طول مداخلات ورزشی، (۵) ماکرهای اندازه گیری شده و روش اندازه گیری، و (۶) داده‌های میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای تحقیق در مرحله پیش آزمون و پس آزمون. در صورت نیاز، داده‌های مورد نظر از نمودار با استفاده از نرم افزار Get data استخراج شد.

ارزیابی کیفیت مطالعات

به منظور ارزیابی کیفیت مطالعات وارد شده به تحقیق حاضر از چک لیست Pedro استفاده شد. این ابزار، شامل ۱۱ معیار می-باشد با توجه به اینکه معیارهای کور کردن شرکت کنندگان و کور کردن مداخله گر برای مداخلات ورزشی قابل اجرا نبودند، از ارزیابی کنار گذاشته شدند. بنابراین، ارزیابی کیفیت مطالعات با استفاده از ۹ معیار انجام گرفت. ارزیابی کیفیت مطالعات توسط دو نویسنده به صورت مستقل انجام شد و هر نوع اختلاف نظر از طریق مشورت با نویسنده سوم حل شد.

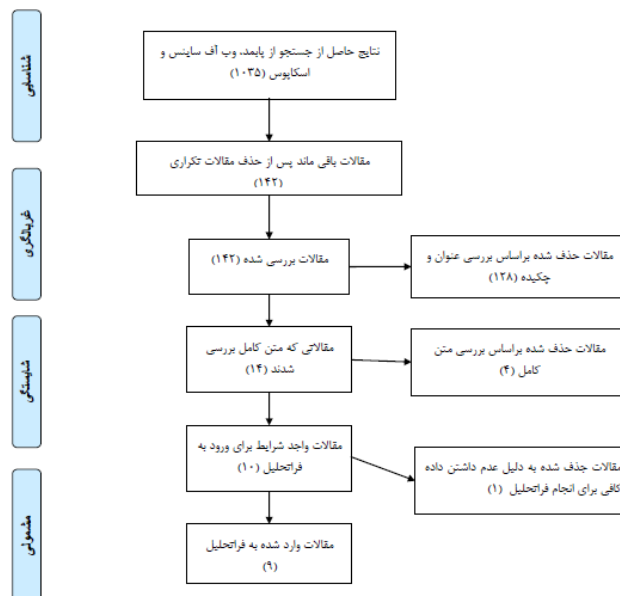
تحلیل آماری

آزمون‌های آماری با استفاده از نرم افزار Comprehensive meta-analysis نسخه ۳ صورت گرفت. دو فراتحلیل مجزا به منظور بررسی اثر تمرینات ورزشی در برابر گروه کنترل، برای هر یک از متغیرهای FMD به عنوان متغیر اصلی و وزن بدن به عنوان متغیر ثانویه انجام شد. برای این منظور، مقادیر (Weight mean difference) و فاصله اطمینان ۹۵ درصد (CIs) با استفاده از روش مدل اثر تصادفی محاسبه شد (۳۲). دلیل استفاده از مدل اثر تصادفی برای محاسبه اندازه اثر، برای در نظر گرفتن تفاوت‌های بین مطالعات مختلف است که به طور طبیعی در فراتحلیل‌ها رخ می‌دهد. مطالعات مختلف می‌توانند از نظر جمعیت، مداخله و روش‌شناسی تفاوت‌های زیادی داشته باشند. بنابراین، مدل اثر تصادفی می‌تواند ناهمگونی بین مطالعات را در نظر گرفته و اندازه اثر کلی را به طور دقیق‌تری محاسبه کند (۳۲). به منظور بررسی ناهمگونی (عدم تجانس) مطالعات، از آزمون I^2 استفاده شد که تحلیل مقادیر ناهمگونی بر اساس دستورالعمل کوکران صورت گرفت که مقادیر I^2 کمتر از ۲۵ درصد نشان دهنده ناهمگونی خفیف، بیشتر از ۲۵ درصد نشان دهنده ناهمگونی کم، بیشتر از ۵۰ درصد نشان دهنده

ناهمگونی متوسط و بیشتر از ۷۵ درصد نشان دهنده ناهمگونی بالا بود. به منظور بررسی سوگیری انتشار از تحلیل بصری فونل پلات و نتیجه تست Egger استفاده شد که سطح معنی داری $p < 0.01$ در نظر گرفته شد. دو تحلیل زیر گروه به منظور مشخص شدن اثر بخشی طول مداخلات (کمتر از ۱۲ هفته و ۱۲ هفته) و همچنین تاثیر سن کودکان (سن تا ۱۰ سال و سن ۱۰ تا ۱۸ سال) انجام شد.

نتایج

جستجو بر اساس جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی، مجموعاً ۱۰۳۵ مقاله مستخرج از سایت‌های PubMed، Scopus و Web of Science بدست آمد که پس از حذف مقالات تکراری ۱۴۲ مقاله برای ارزیابی بیشتر باقی ماندند. پس از اسکرین مقالات بر اساس عنوان و چکیده، ۱۲۸ مقاله حذف و ۱۴ مقاله دیگر برای ارزیابی متن کامل مقاله انتخاب شدند. در نهایت، ۵ مقاله به دلیل عدم داشتن معیارهای ورود به تحقیق از مطالعه خارج شده و در نهایت ۹ مقاله وارد فراتحلیل حاضر شدند (شکل ۱).



شکل ۱. طرح شماتیک روند انتخاب مقالات

جدول ۱. ویژگی آزمودنی ها و پروتکل تمرین

مطالعه (سال)	نمونه (جنسیت)	ویژگی آزمودنی ها	سن (سال)	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	نوع ورزش	توصیف مداخلات ورزشی و کنترل	مداخله (جلسه در هفته)	نتیجه مطالعه
چرنوزی و همکاران (۲۰۱۸) (۲۸)	۴۸ (پسر)	چاقی	تمرین: ۱۱/۰±۱/۰	تمرین: ۲۴/۲±۳/۳	تناوبی شدید	تمرین: ۸ تکرار ۲ دقیقه ای با ۹۰ درصد حداکثر توان با استراحت ۱ دقیقه ای	۱۲ هفته (۳)	افزایش FMD و بهبود عملکرد و ساختار عروقی بدون کاهش معنی دار وزن
			تمرین: ۱۱/۱±۰/۸	تمرین: ۲۶/۵±۳/۵		تمرین: ۸ تکرار ۲۰ ثانیه ای با ۱۷۰ درصد حداکثر توان با استراحت ۱۰ ثانیه ای		
			کنترل: ۱۰/۶±۱/۰	کنترل: ۲۶/۱±۳/۳		کنترل: فاقد مداخله ورزشی		
لمبرت و همکاران (۲۰۰۹) (۲۳)	۴۴ (دختر و پسر)	چاقی	تمرین: ۹/۱±۱/۴	تمرین: ۲۵/۴±۴/۶	موازی	تمرین: ۳۰ دقیقه هوازی با شدت ۵۵ تا ۶۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی، مقاومتی کل بدن شامل ۲ تا ۳ ست ۱۰ تا ۱۵ تکراری	۱۲ هفته (۳)	افزایش FMD و کاهش فشار خون و سفتی شریانی بدون کاهش معنی دار وزن
			کنترل: ۸/۸±۱/۶	کنترل: ۲۵/۱±۴/۷		کنترل: فاقد مداخله ورزشی		
اینگول و همکاران (۲۰۱۸) (۳۳)	۹۹ (دختر و پسر)	چاقی	تمرین: ۱۲/۴±۱/۹	تمرین: ۳۰/۰ ≤	تناوبی شدید و هوازی	تمرین: ۴ تکرار ۴ دقیقه ای با ۸۵ تا ۹۵ درصد حداکثر ضربان قلب	۱۲ هفته (۳)	عملکرد سیستمی قلب بدون وابستگی به کاهش وزن
			تمرین: ۱۱/۹±۲/۴	تمرین: ۳۰/۰ ≤		تمرین: ۴۴ دقیقه با ۶۰ تا ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب		
			کنترل: ۱۱/۸±۲/۴	کنترل: ۳۰/۰ ≤		کنترل: شرکت در جلسه توصیه تغذیه ای		
کلی و همکاران (۲۰۰۴) (۲۹)	۲۵ (دختر و پسر)	چاقی	تمرین: ۱۱/۰±۲/۰	تمرین: ۳۲/۱±۷/۶	هوازی	تمرین: ۳۰ تا ۵۰ دقیقه با ۸۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی	۸ هفته (۴)	بهبود FMD و HDL در گروه تمرین
			کنترل: ۱۱/۰±۲/۲	کنترل: ۳۰/۵±۷/۳		کنترل: فاقد مداخله ورزشی		
مورفی و همکاران (۲۰۰۹) (۲۴)	۳۵ (دختر و پسر)	اضافه وزن	تمرین: ۱۲ تا ۷	تمرین: ۲۷/۹±۴/۸	رقص	تمرین: مداخله ورزشی با استفاده از بازی ویدیویی فعال	۱۲ هفته (۵)	بهبود FMD و VO _{2peak} بدون تغییر التهابی یا کاهش وزن
			کنترل: ۱۲ تا ۷	کنترل: ۳۱/۸±۵/۰		کنترل: فاقد مداخله ورزشی		
واتس و همکاران (۲۰۰۴) (۳۱)	۱۴ (دختر و پسر)	چاقی	تمرین: ۸/۹±۱/۶	تمرین: ۲۹/۹±۱/۳	بازی- های تفریحی	تمرین: بازی های فعال بدنی مانند جاخالی دادن، دویدن، فوتبال و سایر فعالیت های تفریحی فعال که شامل بازی مداوم است. شدت بین ۱۴۰ تا	۸ هفته (۳)	بهبود FMD بدون کاهش وزن یا BMI پس از
			کنترل: ۸/۹±۱/۶	کنترل: ۲۹/۹±۱/۳				

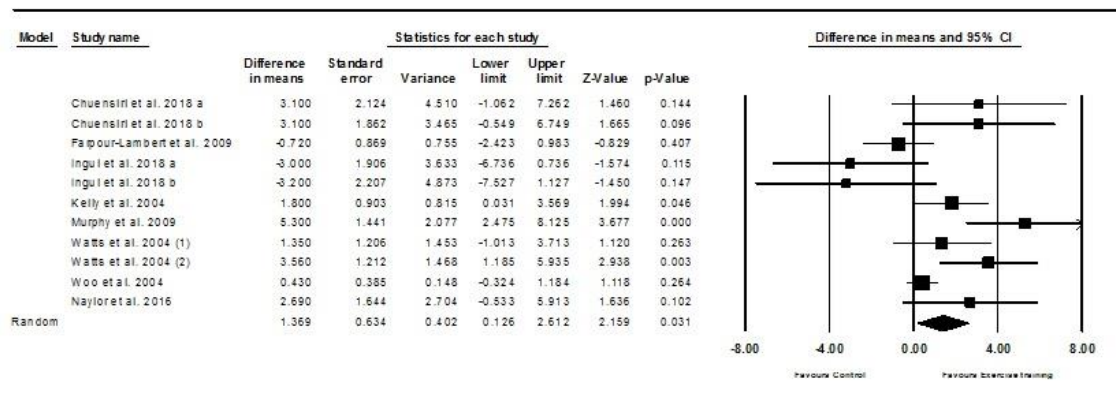
مطالعه (سال)	نمونه (جنسیت)	ویژگی آزمودنی‌ها	سن (سال)	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	نوع ورزش	توصیف مداخلات ورزشی و کنترل	مداخله (جلسه در هفته)	نتیجه مطالعه
۱۸۰ ضربه در دقیقه								
کنترل: فاقد مداخله ورزشی								
تمرین: ۶۰ دقیقه تمرین								
واتس و همکاران (۲۰۰۴) (۳۰)	۱۹ (دختر و پسر)	چاقی	تمرین: ۱۴/۳±۱/۵ کنترل: ۱۴/۳±۱/۵	تمرین: ۳۴/۱±۲/۱ کنترل: ۳۴/۴±۲/۴	موازی	ترکیبی شامل، هوازی با شدت ۶۵ تا ۸۵ درصد حداکثر ضربان قلب و مقاومتی با شدت ۷۰ تا ۷۵ درصد یک تکرار بیشینه	۸ هفته (۳)	نرمال‌سازی FMD و کاهش چربی شکمی پس از تمرین
						کنترل: فاقد مداخله ورزشی		
						تمرین: ۳۰ دقیقه تمرین		
وو و همکاران (۲۰۰۴) (۲۶)	۸۲ (دختر و پسر)	چاقی	تمرین: ۱۰/۰±۱/۰ کنترل: ۹/۹±۰/۹	تمرین: ۲۸/۰۱±۱۰/۹ کنترل: ۲۶/۵۸±۹/۳	موازی	مقاومتی، ۱۰ دقیقه هوازی با شدت ۶۰ تا ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب، ۱۰ دقیقه چابکی	۶ هفته (۲)	معنی‌دار FMD در گروه تمرین
						کنترل: فاقد مداخله ورزشی		
						تمرین: ۶۰ دقیقه تمرین		
نایلور و همکاران (۲۰۱۶) (۲۵)	۱۳ (دختر و پسر)	چاقی همراه با دیابت نوع ۲	تمرین: ۱۷/۳±۲/۳ کنترل: ۱۵/۳±۱/۸	تمرین: ۳۶/۱±۱۱/۰ کنترل: ۳۰/۰±۴/۹	موازی	ترکیبی شامل، هوازی با شدت ۶۵ تا ۸۵ درصد حداکثر ضربان قلب و مقاومتی با شدت ۷۰ تا ۷۵ درصد حداکثر انقباض ارادی	۱۲ هفته (۳)	افزایش معنی‌دار FMD و بهبود عملکرد عروق
						کنترل: فاقد مداخله ورزشی		
						تمرین: ۶۰ دقیقه تمرین		

ویژگی آزمودنی‌ها. ۳۷۹ کودک و نوجوان چاق و دارای اضافه وزن وارد مطالعه حاضر شدند. از بین مجموع آزمودنی‌ها، ۱۶۳ نفر دختر و ۲۱۶ نفر پسر بودند. همچنین، تعداد افراد مشارکت کننده در گروه تمرینات ورزشی شامل ۲۱۹ نفر و تعداد آزمودنی‌های گروه کنترل ۱۶۰ نفر بودند. دامنه شاخص توده بدن آزمودنی‌ها تقریباً از ۲۵ تا ۳۴ کیلوگرم بر مترمربع بود. ویژگی آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

پروتکل‌های تمرین. جزئیات کامل از پروتکل‌های تمرین در جدول ۱ ارائه شده است. به طور خلاصه، مطالعات وارد شده از فعالیت‌های ورزشی هوازی، موازی، تناوبی شدید، رقص و بازی‌های تفریحی استفاده کرده بودند. طول مداخلات ورزشی از ۶ هفته تا ۱۲ هفته بود

که ۱۲ هفته بیشترین تکرار را در بین مطالعات داشت. دامنه جلسات فعالیت ورزشی ۲ تا ۵ جلسه در هفته بود.

فرا تحلیل. ۱۱ مداخله برای بررسی اثر تمرین ورزشی بر FMD وارد فرا تحلیل شدند. نتایج نشان داد، تمرینات ورزشی اثر معنی داری بر افزایش FMD در کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق دارد [$P=۰/۰۳$ ، $CI: ۰/۱۲$ الی $۱/۳۶$]. بررسی ناهمگونی با استفاده از آزمون I^2 نشان داد که ناهمگونی متوسط و معنی داری وجود دارد ($P=۰/۰۰۱$ ، $I^2=۶۸/۲۸$). بررسی سوگیری انتشار با استفاده از تحلیل بصری فونل پلات نشان داد سوگیری انتشار وجود دارد، با این حال آزمون Egger نشان داد سوگیری انتشار وجود ندارد ($P=۰/۳۷$) (شکل ۲).

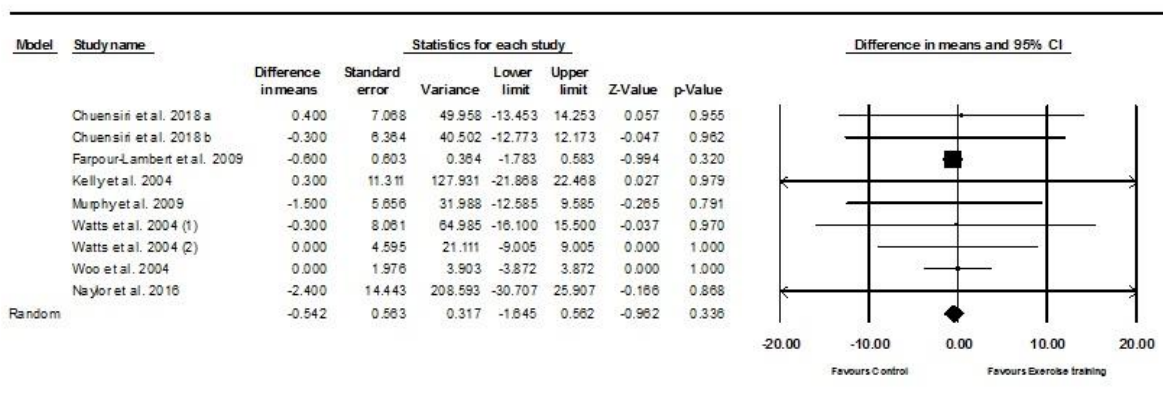


Meta Analysis

شکل ۲. نمودار انباشت (Forest Plot) مربوط اثر تمرینات ورزشی بر FMD

(شکل ۳). تحلیل زیر گروهی. تحلیل های زیر گروه نشان داد مداخلات کوتاه مدت (کمتر از ۸ هفته) اثر معنی داری بر افزایش FMD در کودکان چاق دارد $[P=0.02]$ ، $(95\% CI: 0.17/1.51)$. در حالی که تحلیل زیر گروهی بر اساس سن آزمودنی های نشان داد که این مولفه اثر معنی داری بر افزایش FMD در کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق نشان ندادند.

تعداد ۹ مداخله برای بررسی اثر تمرین ورزشی بر وزن بدن وارد فرا تحلیل شدند. نتایج نشان داد، تمرینات ورزشی اثر معنی داری بر کاهش وزن بدن در کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق ندارد $[P=0.33]$ ، $(95\% CI: -0.54/0.54)$. بررسی ناهمگونی با استفاده از آزمون I^2 نشان داد که ناهمگونی خفیف و معنی داری وجود ندارد $(P=1.00, I^2=0.00)$. بررسی سوگیری انتشار با استفاده از تحلیل بصری فونل پلات نشان داد سوگیری انتشار وجود ندارد، که با آزمون Egger تأیید شد.



Meta Analysis

شکل ۳. نمودار انباشت (Forest Plot) مربوط اثر تمرینات ورزشی بر وزن بدن

بحث و نتیجه گیری

یافته اصلی این فراتحلیل این بود که تمرین ورزشی باعث بهبود عملکرد اندوتلیال در ۳۷۹ کودک و نوجوان چاق و دارای اضافه وزن شد. اگرچه تمرین ورزشی تأثیر کمی بر کاهش وزن بدن داشت. گردآوری داده‌های ۹ مطالعه افزایش ۱/۳۶ درصدی را در FMD نشان داد. ارتباط بالینی بهبود FMD را می‌توان از مطالعات پیش آگهی دهنده پیشین فرض کرد. یک متاآنالیز در سال ۲۰۱۰ که شامل ۵۵۴۷ بزرگسال بود، افزایش ۱ درصدی FMD را با کاهش ۱۳ درصدی در حوادث قلبی عروقی مرتبط کرد (۱۱). کاهش بیشتر خطر ممکن است با بهبود آمادگی قلبی تنفسی رخ دهد (۳۴). Myers و همکاران در سال ۲۰۰۲ نشان دادند که در بزرگسالان، هر افزایش معادل یک مت در ظرفیت ورزشی با افزایش احتمال ۱۲ درصدی بقا و طول عمر همراه است (۳۵). افزایش شاخص توده بدن، منجر به افزایش خطر ابتلا به انواع علل و مرگ و میر می‌شود، در حالی که افزایش آمادگی قلبی تنفسی باعث کاهش این خطر می‌شود (۳۴، ۳۶). مطالعات پیشین در جمعیت بزرگسالان با بیماری‌های مزمن نشان داده است که تمرینات ورزشی باعث تغییرات مفید در FMD می‌شود. تمرین ورزشی با شدت متوسط و تمرینات تناوبی شدید باعث بهبود عملکرد وابسته به اندوتلیوم در بزرگسالان مبتلا به فشار خون بالا (۳۷)، چاقی (۳۸)، دیابت (۱۸)، بیماری عروق کرونر (۴۰، ۴۱) و نارسایی قلبی شد (۴۲). از نظر مکانیکی، فرض بر این است که قرار گرفتن مکرر در معرض تمرینات ورزشی منجر به تنظیم مثبت سیستم گشادکننده نیتریک اکساید می‌شود (۴۳، ۴۴). اندوتلیوم در طول دوره‌های فعالیت ورزشی به دلیل فشار مکانیکی ثانویه به افزایش جریان خون و استرس برشی فعال می‌شود (۴۳، ۴۵). بهبود عملکرد وابسته به اندوتلیوم می‌تواند مستقل از بهبود عوامل خطر مانند چربی خون، فشار خون، چاقی و کنترل قند خون رخ دهد (۴۶، ۴۷). اگرچه نشان داده شده است که تمرینات ورزشی عملکرد عروقی را هم در حیوانات و هم در انسان بهبود می‌بخشد، اما این تغییرات پس از قطع تمرین به سرعت از بین می‌روند (۴۸). تأثیر تمرین ورزشی بر سفتی

شریان در کودکان چاق بحث‌برانگیز است، اما عملکرد اندوتلیال عروقی و عضلات صاف عروقی را می‌توان با چندین نوع تمرین ورزشی بهبود بخشید (۱۲). Cheng و همکاران نشان دادند سرعت موج پالس، ضخامت اینتیمای-مدیا در کودکان کمتر از ۱۴ سال به دنبال تمرینات ورزشی کاهش می‌یابد که این عامل می‌تواند به دلیل خاصیت ارتجاعی بهتر در عروق کودکان باشد و با کاهش ریسک ابتلا به آترواسکلروز همراه باشد (۱۲). در بیماران مبتلا به انفارکتوس میوکارد، ۴ هفته تمرین ورزشی منجر به بهبود قابل توجهی در اتساع وابسته به اندوتلیوم شد. با این حال، یک دوره بی‌تمرینی معادل طول مداخله با از بین رفتن سازگاری‌های بدست آمده ناشی از تمرین همراه بود (۴۹). Woo و همکاران این تأثیر را در گروهی از شرکت کنندگان که از تمرین ورزشی کناره‌گیری کردند، با گروه مقایسه‌ای که تا زمان ۱۲ ماه به ورزش ادامه دادند، بررسی کردند. در افرادی که کناره‌گیری کردند، FMD به سطح پایه بازگشت و مقادیر FMD به طور قابل توجهی کمتر از زمان پس از مداخله بود. با این حال، مقادیر FMD در گروهی که از فعالیت ورزشی کناره‌گیری کردند نسبت به گروه کنترل پس از یک سال همچنان برتر باقی ماند (۲۶).

اگرچه FMD در جمعیت‌های در معرض خطرات بیماری کاهش می‌یابد، با این حال به نظر می‌رسد در ساختار عروق کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن و چاق سازگاری رخ می‌دهد. چاراکیدا و همکاران در سال ۲۰۱۲ با استفاده از سرعت موج پالس و تجزیه و تحلیل موج پالس نشان دادند که کودکان دارای اضافه وزن و چاق سختی شریانی را در مقایسه با کودکان با وزن طبیعی کاهش می‌یابد (۵۰). نویسندگان پیشنهاد کردند که این سازگاری درمجرای شریانی ممکن است به منظور کاهش اثرات همودینامیک چاقی رخ دهد (۵۰). Tryggestad و همکاران پیشنهاد کردند که افزایش سازگاری شریانی مشاهده شده در کودکان چاق ممکن است به دلیل رشد و بلوغ پیشرفته در مقایسه با کودکان با وزن طبیعی باشد. صرف نظر از این، شواهد فعلی نشان می‌دهد که اضافه وزن و چاقی به طور متفاوتی بر عملکرد عروقی و سختی شریانی اثر

می گذارد (۵۱). همچنین در این زمینه مطالعات تغییرات جبرانی را در عملکرد و ساختار عروقی گزارش کرده اند، که با تغییرات عملکردی اولیه که در نهایت با تغییرات در اندازه شریان و بازسازی آن ها جایگزین می شوند مرتبط می شود (۴۵، ۵۲). متآلایز حاضر قادر به برون یابی رابطه بین تغییرات وزن بدن و FMD نبود، چندین مطالعه گزارش کرده اند که اگرچه وزن بدن و شاخص توده بدن با تمرینات ورزشی کاهش نمی یابد، اما اثرات جبران کننده مفیدی از طریق افزایش توده بدون چربی بدن و کاهش توده چربی رخ می دهد (۲۳، ۵۳، ۵۴). توصیه می کنیم مطالعات آینده علاوه بر تأثیر تمرین ورزشی بر شاخص توده بدن یا وزن بدن مؤلفه چربی بدن را مورد بررسی قرار دهند. تعداد مطالعات وارد شده در فراتحلیل حاضر محدود بود با این حال ما اثر طول مداخله را بررسی نموده و بر اساس یافته های ما مداخلات کوتاه مدت (کمتر از ۸ هفته) تأثیر معنی داری بر افزایش FMD در کودکان چاق داشت. یافته های این فراتحلیل با مطالعاتی همسو است که نشان داده اند دوره های کوتاه مدت تمرین (کمتر از ۸ هفته) می توانند بهبود قابل توجهی در عملکرد اندوتلیال ایجاد کنند. به عنوان مثال، در مطالعه واتس و همکاران، تمرین به مدت ۸ هفته موجب افزایش معنادار FMD در کودکان چاق شد، بدون اینکه تغییر محسوسی در وزن بدن ایجاد شود (۲۹). به همین ترتیب، کلی و همکاران نیز گزارش کردند که ۸ هفته تمرین هوازی باعث بهبود FMD و آمادگی هوازی در کودکان دارای اضافه وزن شد (۳۰). این شواهد حاکی از آن است که تمرینات کوتاه مدت نیز می توانند به عنوان مداخله ای مؤثر برای بهبود سلامت عروق در کودکان چاق مورد توجه قرار گیرند، حتی در صورت عدم کاهش وزن. احتمالاً علت اثربخشی بالای مداخلات کوتاه مدت این است که تغییرات عملکرد عروق در هفته های ابتدایی تمرین بسیار سریع و قابل توجه هستند. اندوتلیوم به سرعت به افزایش تنش برشی^۳ ناشی از تمرینات ورزشی پاسخ داده و با افزایش تولید نیتریک اکساید، بهبود عملکرد عروقی را

آغاز می کند. به نظر می رسد پاسخ اولیه عروق به تمرین چشمگیر باشد، اما در صورت نبود افزایش تدریجی شدت تمرین، این اثرات در مداخلات طولانی تر کاهش یافته یا به یک سطح ثابت می رسند. علیرغم اهمیت بالینی یافته های مطالعه حاضر، محدودیتی برای این مطالعه وجود دارد. تعداد محدود مطالعات امکان بررسی های بیشتر در زمینه اثرگذاری انواع تمرین و هم چنین سایر مولفه های تمرینی بر FMD را فراهم نکرد.

فراتحلیل حاضر نشان می دهد که تمرینات ورزشی می تواند باعث بهبود FMD در کودکان و نوجوانان چاق و دارای اضافه وزن شود. انتظار می رود این میزان بهبود (۱/۳۶ درصد) به نوعی جبران کننده کاهش عملکرد عروقی گزارش شده در این جمعیت کودکان در معرض خطر باشد. بنابراین، بررسی حاضر از این ایده حمایت می کند که تمرینات ورزشی می تواند به عنوان روشی برای بهبود عملکرد عروقی در کودکان چاق، به سطوح قابل مقایسه با کودکان و نوجوانان با وزن طبیعی استفاده شود. با توجه به ناهمگونی و حجم نمونه کوچک این تجزیه و تحلیل، تحقیقات بیشتر برای ایجاد اثرات تمرینات ورزشی بر FMD کودکان چاق ضروری است.

تشکر و قدردانی

از تمامی عزیزانی که برای تهیه این مقاله با ما همکاری داشتند کمال تشکر و قدردانی را می نمایم.

حامی / حامیان مالی

برای انجام پژوهش حاضر حمایت مالی دریافت نشده است.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان به طور مساوی در اجرا این پژوهش مشارکت داشتند.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می دارند که هیچگونه تضاد منافی در پژوهش حاضر وجود ندارد.

³ shear stress

References

1. Khalafi M, Symonds ME. The impact of high intensity interval training on liver fat content in overweight or obese adults: A meta-analysis. *Physiology & Behavior*. 2021;236:113416.
2. Khalafi M, Sakhaei MH, Kheradmand S, Symonds ME, Rosenkranz SK. The impact of exercise and dietary interventions on circulating leptin and adiponectin in individuals with overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis. *Advances in Nutrition*. 2022.
3. Singh AS, Mulder C, Twisk JW, Van Mechelen W, Chinapaw MJ. Tracking of childhood overweight into adulthood: a systematic review of the literature. *Obesity reviews*. 2008;9(5):474-88.
4. Doak C, Visscher T, Renders C, Seidell J. The prevention of overweight and obesity in children and adolescents: a review of interventions and programmes. *Obesity reviews*. 2006;7(1):111-36.
5. Freedman DS, Khan LK, Dietz WH, Srinivasan SR, Berenson GS. Relationship of childhood obesity to coronary heart disease risk factors in adulthood: the Bogalusa Heart Study. *Pediatrics*. 2001;108(3):712-8.
6. Kotsis V, Stabouli S, Papakatsika S, Rizos Z, Parati G. Mechanisms of obesity-induced hypertension. *Hypertension research*. 2010;33(5):386-93.
7. Celermajer DS, Sorensen KE, Gooch VM, Spiegelhalter D, Miller O, Sullivan I, et al. Non-invasive detection of endothelial dysfunction in children and adults at risk of atherosclerosis. *The lancet*. 1992;340(8828):1111-5.
8. Sakhaei MH, Saidie P, Damirchi A. Effects of high-intensity interval versus moderate continuous exercise on plasma concentration of nitric oxide and level of blood pressure in inactive obese men. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2022.
9. Sun H-J, Wu Z-Y, Nie X-W, Bian J-S. Role of endothelial dysfunction in cardiovascular diseases: the link between inflammation and hydrogen sulfide. *Frontiers in pharmacology*. 2020;10:1568.
10. Tounian P, Aggoun Y, Dubern B, Varille V, Guy-Grand B, Sidi D, et al. Presence of increased stiffness of the common carotid artery and endothelial dysfunction in severely obese children: a prospective study. *The Lancet*. 2001;358(9291):1400-4.
11. Inaba Y, Chen JA, Bergmann SR. Prediction of future cardiovascular outcomes by flow-mediated vasodilatation of brachial artery: a meta-analysis. *The international journal of cardiovascular imaging*. 2010;26:631-40.
12. Cheng Y, Sun Z, Ya X, Zhou L, Wang M, Wang X, et al. Effect of exercise training on arterial stiffness in obese and overweight children: A meta-analysis. *European Journal of Pediatrics*. 2022;181(7):2633-42.
13. Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine—evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2015;25:1-72.
14. Palermi S, Bragazzi NL, Cular D, Ardigo LP, Padulo J. How chest press-based exercises can alleviate the burden of cardiovascular diseases. *Human Movement*. 2021;22(1).
15. Khalafi M, Taghibeikzadehbadr P, Aria B, Mohammadi z. The effect of resistance training on endothelial function in young and older with chronic diseases and those with health conditions: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Exercise Physiology*. 2023;16(2):105-20.
16. Moradian H, Hosseinpour Delavar S, Zabet A. The effects of eight weeks circuit resistance training on some endothelial markers, blood pressure and lipid profiles in pre-hypertensive obese women. *Journal of Sport and Exercise Physiology*. 2022;15(2):84-94.
17. Khalafi M, Symonds ME, Akbari A. The impact of exercise training versus caloric restriction on inflammation markers: a systemic review and meta-analysis. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022;62(15):4226-41.
18. 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. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2022;1.
19. Khalafi M, Azali Alamdari K, Symonds ME, Rohani H, Sakhaei MH. A comparison of the impact of exercise training with dietary intervention versus dietary intervention alone on insulin resistance and glucose regulation in individual with overweight or obesity: a systemic review and meta-analysis. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022;1-15.
20. Halbert J, Silagy C, Finucane P, Withers R, Hamdorf P. Exercise training and blood lipids in hyperlipidemic and normolipidemic adults: a meta-analysis of randomized, controlled trials. *European journal of clinical nutrition*. 1999;53(7):514-22.
21. Versari D, Daghini E, Virdis A, Ghiadoni L, Taddei S. Endothelial dysfunction as a target for prevention of cardiovascular disease. *Diabetes care*. 2009;32(suppl_2):S314-S21.
22. Dias KA, Green DJ, Ingul CB, Pavey TG, Coombes JS. Exercise and vascular function in child obesity: a meta-analysis. *Pediatrics*. 2015;136(3):e648-e59.

23. Farpour-Lambert NJ, Aggoun Y, Marchand LM, Martin XE, Herrmann FR, Beghetti M. Physical activity reduces systemic blood pressure and improves early markers of atherosclerosis in pre-pubertal obese children. *Journal of the American College of Cardiology*. 2009;54(25):2396-406.
24. Murphy EC, Carson L, Neal W, Baylis C, Donley D, Yeater R. Effects of an exercise intervention using Dance Revolution on endothelial function and other risk factors in overweight children. *Int J Pediatr Obes*. 2009;4(4):205-14.
25. Naylor LH, Davis EA, Kalic RJ, Paramalingam N, Abraham MB, Jones TW, et al. Exercise training improves vascular function in adolescents with type 2 diabetes. *Physiological reports*. 2016;4(4):e12713.
26. Woo KS, Chook P, Yu CW, Sung RY, Qiao M, Leung SS, et al. Effects of diet and exercise on obesity-related vascular dysfunction in children. *Circulation*. 2004;109(16):1981-6.
27. Agergaard J, Trøstrup J, Uth J, Iversen JV, Boesen A, Andersen JL, et al. Does vitamin-D intake during resistance training improve the skeletal muscle hypertrophic and strength response in young and elderly men? - a randomized controlled trial. *Nutr Metab (Lond)*. 2015;12:32.
28. Chuensiri N, Suksom D, Tanaka H. Effects of High-Intensity Intermittent Training on Vascular Function in Obese Preadolescent Boys. *Child Obes*. 2018;14(1):41-9.
29. Kelly AS, Wetzsteon RJ, Kaiser DR, Steinberger J, Bank AJ, Dengel DR. Inflammation, insulin, and endothelial function in overweight children and adolescents: the role of exercise. *The Journal of pediatrics*. 2004;145(6):731-6.
30. Watts K, Beye P, Siafarikas A, Davis EA, Jones TW, O'Driscoll G, et al. Exercise training normalizes vascular dysfunction and improves central adiposity in obese adolescents. *Journal of the American College of Cardiology*. 2004;43(10):1823-7.
31. Watts K, Beye P, Siafarikas A, O'Driscoll G, Jones TW, Davis EA, et al. Effects of exercise training on vascular function in obese children. *The Journal of pediatrics*. 2004;144(5):620-5.
32. Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, Welch V. *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. Hoboken: Wiley. 2019;4.
33. 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. *Progress in cardiovascular diseases*. 2018;61(2):214-21.
34. Khalafi M, Sakhaei MH, Rosenkranz SK, Symonds ME. Impact of concurrent training versus aerobic or resistance training on cardiorespiratory fitness and muscular strength in middle-aged to older adults: A systematic review and meta-analysis. *Physiology & Behavior*. 2022:113888.
35. Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *New England journal of medicine*. 2002;346(11):793-801.
36. Barry VW, Baruth M, Beets MW, Durstine JL, Liu J, Blair SN. Fitness vs. fatness on all-cause mortality: a meta-analysis. *Progress in cardiovascular diseases*. 2014;56(4):382-90.
37. Higashi Y, Sasaki S, Kurisu S, Yoshimizu A, Sasaki N, Matsuura H, et al. Regular aerobic exercise augments endothelium-dependent vascular relaxation in normotensive as well as hypertensive subjects: role of endothelium-derived nitric oxide. *Circulation*. 1999;100(11):1194-202.
38. Sciacqua A, Candigliota M, Ceravolo R, Scozzafava A, Sinopoli F, Corsonello A, et al. Weight loss in combination with physical activity improves endothelial dysfunction in human obesity. *Diabetes Care*. 2003;26(6):1673-8.
39. Montero D, Walther G, Benamo E, Perez-Martin A, Vinet A. Effects of exercise training on arterial function in type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*. 2013;43:1191-9.
40. Walsh JH, Bilsborough W, Maiorana A, Best M, O'Driscoll GJ, Taylor RR, et al. Exercise training improves conduit vessel function in patients with coronary artery disease. *Journal of Applied Physiology*. 2003;95(1):20-5.
41. Hambrecht R, Walther C, Mobius-Winkler S, Gielen S, Linke A, Conradi K, et al. Percutaneous coronary angioplasty compared with exercise training in patients with stable coronary artery disease: a randomized trial. *Circulation*. 2004;109(11):1371-8.
42. Maiorana A, O'Driscoll G, Dembo L, Cheetham C, Goodman C, Taylor R, et al. Effect of aerobic and resistance exercise training on vascular function in heart failure. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 2000;279(4):H1999-H2005.
43. Maiorana A, O'Driscoll G, Taylor R, Green D. Exercise and the nitric oxide vasodilator system. *Sports Medicine*. 2003;33:1013-35.

44. Green DJ, Maiorana A, O'Driscoll G, Taylor R. Effect of exercise training on endothelium-derived nitric oxide function in humans. *The Journal of physiology*. 2004;561(1):1-25.
45. Tinken TM, Thijssen DH, Hopkins N, Dawson EA, Cable NT, Green DJ. Shear stress mediates endothelial adaptations to exercise training in humans. *Hypertension*. 2010;55(2):312-8.
46. Green DJ, Walsh JH, Maiorana A, Best MJ, Taylor RR, O'Driscoll JG. Exercise-induced improvement in endothelial dysfunction is not mediated by changes in CV risk factors: pooled analysis of diverse patient populations. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 2003;285(6):H2679-H87.
47. Green DJ, Eijssvogels T, Bouts YM, Maiorana AJ, Naylor LH, Scholten RR, et al. Exercise training and artery function in humans: nonresponse and its relationship to cardiovascular risk factors. *Journal of Applied Physiology*. 2014;117(4):345-52.
48. Maiorana A, O'Driscoll G, Cheetham C, Dembo L, Stanton K, Goodman C, et al. The effect of combined aerobic and resistance exercise training on vascular function in type 2 diabetes. *Journal of the American College of Cardiology*. 2001;38(3):860-6.
49. Vona M, Codeluppi G, Iannino T, Ferrari E, Bogousslavsky J, Von Segesser L. Effects of different types of exercise training followed by detraining on endothelium-dependent dilation in patients with recent myocardial infarction. *Circulation*. 2009;119(12):1601-8.
50. Charakida M, Jones A, Falaschetti E, Khan T, Finer N, Sattar N, et al. Childhood obesity and vascular phenotypes: a population study. *Journal of the American College of Cardiology*. 2012;60(25):2643-50.
51. Tryggestad JB, Thompson DM, Copeland KC, Short KR. Obese children have higher arterial elasticity without a difference in endothelial function: the role of body composition. *Obesity*. 2012;20(1):165-71.
52. Tinken TM, Thijssen DH, Black MA, Cable NT, Green DJ. Time course of change in vasodilator function and capacity in response to exercise training in humans. *The Journal of physiology*. 2008;586(20):5003-12.
53. Murphy EC, Carson L, Neal W, Baylis C, Donley D, Yeater R. Effects of an exercise intervention using Dance Revolution on endothelial function and other risk factors in overweight children. *International Journal of Pediatric Obesity*. 2009;4(4):205-14.
54. Kelly AS, Wetzsteon RJ, Kaiser DR, Steinberger J, Bank AJ, Dengel DR. Inflammation, insulin, and endothelial function in overweight children and adolescents: the role of exercise. *The Journal of pediatrics*. 2004;145(6):731-6.

*Review Article***The impact of exercise training on vascular function in children and adolescents with overweight and obesity: a systematic review with meta-analysis**

Received: 14/01/2025 - Accepted: 10/05/2025

Mousa Khalafi^{*1}Fatemeh-Sadat Tabatabaei²Fatemeh-Sadat Hosseini²Faeghe Ghasemi³¹ Assistant Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Humanities, University of Kashan, Kashan, Iran² M.Sc. Student of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Humanities, University of Kashan, Kashan, Iran³ PhD of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Guilan, Iran***Corresponding author:**

Associate Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Humanities, University of Kashan, Kashan, Iran.

E-mail:

Mousa.khalafi@kashau.ac.ir

Abstract**Introduction:** This systematic review and meta-analysis aimed to investigate the effects of exercise training on flow-mediated dilation (FMD) in overweight and obese children and adolescents**Methods:** A comprehensive search was conducted in three electronic databases including Scopus, PubMed, and Web of Science until April 2023 using keywords such as "exercise training", "endothelial function", "children and adolescents", and "obesity". Weighted mean difference (WMD) and 95% confidence intervals (95% CIs) were calculated using a random effects model to compare exercise training with the control group. Also, subgroup analysis was performed based on the duration of exercise intervention and the age of the subjects (age up to 10 years and age 10 to 18 years).**Results:** A total of 379 overweight and obese children and adolescents from 9 studies were included in the meta-analysis. Exercise training significantly increased FMD compared to control [WMD: 1.36 (CI: 0.12 to 2.61), P=0.03], but had no significant effect on body weight [WMD: -0.54 (CI: -0.56 to -1.64), P=0.33]. Subgroup analysis by intervention duration showed that short-term interventions had a significant positive effect on FMD [WMD: 1.51 (CI: 0.17 to 2.84), P=0.02], while subgroup analysis by age showed no significant difference.**Conclusion:** The results of the present study confirm that exercise can improve vascular function in overweight and obese children and adolescents without the need for weight loss and is effective as a non-pharmacological strategy in preventing cardiovascular diseases.**Keywords:** Exercise training, Vascular function, Obesity, children and adolescents