مجله دانشگاه علوم پزشکی جیرفت

دوره ۸، شماره ٤، زمستان ۱٤۰۰

بررسی اثر انواع تمرینات تناوبی با شدت بالا بر سطوح آمادگی قلبی-تنفسی، سطوح اندوتلین-۱ و نیتریک اکساید در افراد چاق

دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۰۶ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۳

محمدرضا ایزدی[۱*]، علیرضا قارداشی افوسی[۲]، ندا اکبری[۳]، محمدعلی بابایی بیگی[٤]

۱. دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم اجتماعی و فرهنگی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران ۲. دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران ۳. دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران ۴. استاد، گروه قلب و عروق و مرکز تحقیقات قلب و عروق دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

چکیده

مقدمه و هدف: یکی از بزرگترین موانع سلامت در میان جوامع امروز، چاقی است. اختلال در عملکرد اندوتلیال در افراد چاق نسبت به سایر افراد بیشتر است و آمادگی قلبی-تنفسی در این افراد پایین است. هدف از انجام این مطالعه، بررسی اثر انواع تمرینات تناوبی با شدت بالا بر سطوح آمادگی قلبی-تنفسی، سطوح اندوتلین-۱ و نیتریک اکساید در افراد چاق بود.

روش کار: پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی بود. تعداد ۱۰۰ نفر آزمودنی چاق (بر اساس نمایه توده بدنی) مراجعه‌کننده به بیمارستان شریعتی تهران، به صورت تصادفی به چهار گروه تمرین تناوبی با شدت بالا تردمیل (HIIT-TR)، دوچرخه (CY)، ترکیبی (CO) و کنترل (C) تقسیم شدند. آزمودنی‌های گروه‌های تمرینی به مدت ۱۲ هفته به تمرین پرداختند. نمونه خونی و آزمون‌های آمادگی توان قلبی-تنفسی آزمودنی‌ها در دو نوبت پیش‌آزمون و پس‌آزمون سنجش شد. برای سنجش سطوح نیتریک اکساید (NO) و اندوتلین-۱ (ET-1) از روش الایزا استفاده شد و از آنالیز واریانس یک‌طرفه و دوطرفه برای بررسی تغییرات داده‌ها استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج مطالعه حاضر نشان داد پس از ۱۲هفته تمرین، میزان اکسیژن مصرفی اوج (VO_2 peak) در گروه‌های تمرینی در مقایسه با گروه کنترل بهبود یافته است ($p<۰/۰۰۱$) و در گروه HIIT-TR نسبت به گروه HIIT-CO افزایش بیشتری داشت ($p<۰/۰۱$). در گروه TR، میزان افزایش NOx نسبت به سایر گروه‌های تمرینی بیشتر بود ($p<۰/۰۱$). تمرین، سطوح پلاسمایی ET-1 را در گروه‌های تمرینی TR و CO را کاهش داد، در حالی‌که سطوح ET-1 در گروه CY با گروه CTR اختلاف معناداری ندارد ($p>۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: احتمالا تمرینات HIIT از طریق افزایش عوامل بیوشیمیایی گشادکننده عروق و کاهش عوامل تنگی عروق در افراد چاق، باعث بهبود میزان اکسیژن مصرفی اوج (به‌ویژه در گروه HIIT با تحمل وزن و ترکیبی) و مدت زمان انجام فعالیت و نیز افزایش میانگین حداکثر ضربان قلب در گروه‌های تمرینی نسبت به گروه کنترل شده‌است.

کلیدواژه‌ها: چاقی، تمرین تناوبی شدید، اکسیژن مصرفی اوج، ET-1، NOx

***نویسنده مسئول:** دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم اجتماعی و فرهنگی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران

ایمیل: kpezadimr@ihu.ac.ir **تلفن:** ۰۲۱۷۴۱۸۸۶۷۶ **نمابر:** ۰۲۱۷۷۱۰۵۰۷۶

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.25382810.1400.8.4.4.9]

مقدمه

چاقی یکی از عمده‌ترین عوامل خطر پیشرفت بیماری‌های مزمن و مرگ و میر است. مطالعات مختلفی ارتباط زیادی را بین چاقی و عواملی مانند پرفشاری خون، افزایش گلوکز و لیپید بیان کرده‌اند (۱). آترواسکلروزیس یکی از ریسک فاکتورهای مهم و مستقل شروع بیماری‌های قلبی عروقی و به‌ویژه ایسکمی میوکارد بدون علامت است. این عارضه در نهایت می‌تواند سبب ناکارامدی قلبی و سکته قلبی شود (۲، ۳). گستردگی تغییرات آترواسکلروتیک با میزان توده چربی بدن و سایر عوامل خطرزای قلبی-عروقی، پرفشارخونی و سطح کلسترول لیپوپروتئین با چگالی پایین (LDL) ارتباط زیادی دارد (۴). در ایران شیوع اضافه‌وزن، چاقی و چاقی زمین‌گیر به ترتیب ۲۸/۶٪، ۱۰/۸٪ و ۳/۴٪ گزارش شده‌است (۵).

منشأ اغلب بیماری‌های قلبی عروقی التهاب است؛ از این‌رو، تحریکات عروقی و آسیب‌های آن در نتیجه مصرف برخی مواد به‌طور مستقیم و در پاره‌ای موارد نظیر افزایش فشار برشی به‌طور غیرمستقیم سبب افزایش حساسیت مولکول‌های آندوتلیال عروق نظیر اندوتلین-۱ و نیتریک اکسید می‌شود (۶). اندوتلین-۱ نوعی پپتید منقبض‌کننده قوی عروق است که سلول‌های اندوتلیال آن را تولید می‌کنند و تأثیر انقباضی قوی در سلول‌های اندوتلیال عروق انسان دارد. تاکنون دو نوع گیرنده اندوتلین انسانی، A و B شناخته شده‌اند (۷). همچنین از جمله مواد مترشحه از اندوتلیوم عروق نیتریک اکساید است که در حفظ سلامت دیواره عروق و تنظیم عملکرد تنگ‌کنندگی و گشادکنندگی عروق تأثیر زیادی دارد. اکسید نیتریک، وزنی معادل ۳۰ کیلو دالتون دارد و آنزیم نیتریک اکسید سنتاز از ال-آرژنین، آن را تولید می‌کند (۷). فاکتورهای بیوشیمیایی مرتبط با انقباض عروق و گشادشدن عروق نیز تحت تأثیر چاقی می‌باشد (۸). پژوهش‌ها نشان دادند در مردان و زنان چاق، تولید نیتریک اکساید به دلیل تولیدات متابولیت‌های اکسیدانی (۹) و نیز خروج عوامل التهابی از بافت چربی کاهش می‌یابد (۸).

چاقی از عمده عواملی است که رابطه مستقیمی با کاهش سطوح آمادگی قلبی تنفسی دارد (۱۰)؛ به نحوی که گزارش‌شده که سطوح اکسیژن مصرفی اوج در زنان چاق در سن برابر، با گروه غیر چاق کاهش چشمگیری داشت (۱۱).

پژوهش‌ها نشان می‌دهند که فعالیت ورزشی از طریق بهبود عوامل خطرزای بیماری‌های قلبی عروقی مانند هیپرگلیسمی، پرفشاری خون، دیس‌لیپیدمی و مقاومت انسولینی منجر به حفاظت قلبی عروقی می‌شود (۱۲). بهبود وضعیت عوامل خطرزای قلبی عروقی تنها بخشی از آثار مفید کاهش خطر وابسته به فعالیت ورزشی را توضیح می‌دهد (۱۳). با این حال، به نظر می‌رسد اثر مستقیم فعالیت ورزشی بر سلامت عروق به بخشی از فواید توضیح داده‌نشده ناشی از فعالیت ورزشی مربوط باشد (۱۴). فعالیت ورزشی منظم باعث افزایش تغییرات متوالی در جریان خون و تنش برشی (Shear stress) می‌شود که تحریکات لازم برای سازگاری عروقی را فراهم می‌کند و منجر به بهبود عملکرد اندوتلیال می‌شود (۱۵). با وجود گزارش‌هایی مبنی بر آثار مفید فعالیت ورزشی بر سلامت قلبی عروقی، برخی شواهد نشان می‌دهند که فعالیت‌های ورزشی گوناگون ممکن است آثار متفاوتی بر شاخص‌های بیماری قلبی-عروقی داشته باشند (۱۶). برای مثال، نشان داده‌شده که تمرین مقاومتی با وجود آثار کاهنده فشارخون، مقاومت انسولینی و کنترل گلیسمی (۱۷)، ممکن است اثر معکوسی بر سختی عروقی داشته باشد (۱۸). اما مطالعات نشان داده‌اند که تمرینات هوازی عملکرد اندوتلیال در افراد چاق را بهبود بخشیده‌است (۱۹-۲۱).

تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) در مقایسه با تمرینات تداومی با شدت متوسط (CIM) در بیماران قلبی عروقی آثار بهینه‌تری دارند (۲۲، ۲۳) و به دلیل سازگاری و اثربخشی بیشتر ممکن است یک جایگزین مفید برای CIM باشد، در نتیجه به عنوان یک مداخله مفید بالینی برای بهبود عملکرد عروقی در افراد چاق مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۴). الگوی تنش برشی در مدل‌های تمرینی مختلف می‌تواند دلیل تفاوت آثار تمرینات ورزشی بر عملکرد اندوتلیال باشد (۲۵). با این حال، هنوز مکانیسم‌های مسئول اثرات مثبت فعالیت ورزشی بر عملکرد عروقی در افراد چاق به طور دقیق مشخص نیست. مطالعات اخیر نشان‌داده‌اند تمرینات ورزشی تناوبی در حالت‌های با تحمل وزن و بدون تحمل وزن باعث کاهش سطوح اندوتلین-۱ در افراد دارای چاقی می‌شود (۲۶). با این حال، درباره تأثیر فعالیت ورزشی تناوبی با تحمل وزن، بدون تحمل وزن و در حالت ترکیب این دو حالت بر توانایی قلبی تنفسی و مقادیر بیوشیمیایی عروق اطلاعات اندکی وجود دارد. با توجه به اهمیت انتخاب صحیح برنامه تمرینی مؤثر و مناسب و همچنین توجه به تفاوت‌های ناشی از تمرین روی تردمیل و دوچرخه از جمله توده عضلانی درگیر و اثرات متفاوت همودینامیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی، هدف از

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.25382810.1400.8.4.4.9]

پژوهش حاضر بررسی اثر تمرینات HIIT با تحمل وزن، بدون تحمل وزن و ترکیبی بر سطوح ET-1، NOx و آمادگی قلبی-تنفسی در افراد دارای چاقی می‌باشد.

روش کار

آزمودنی‌ها

افراد مراجعه‌کننده به درمانگاه دیابت و بیماری‌های متابولیک بیمارستان شریعتی تهران در یک بازه زمانی ۴ ماهه بررسی و آنهایی که واجد شرایط برای این مطالعه بودند ثبت‌نام شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل داشتن توده بدنی بیشتر از ۳۰ کیلوگرم بر مجذور متر و عدم تمرین ورزشی در ۶ ماه گذشته بود. معیارهای خروج از مطالعه شامل ابتلا به انفارکتوس میوکارد، جراحی بای پس عروق کرونر یا آنژیوپلاستی، نارسایی مزمن قلبی، آریتمی قلبی، پرفشارخونی کنترل‌نشده (فشارخون بیش از ۱۷۰/۱۰۰ mmHg)، دریافت انسولین، محدودیت‌های عملکردی (نظیر استئوآرتریت)، نارسایی کبدی و کلیوی، سیگار کشیدن بود. قبل از ورود به مطالعه، رضایت‌نامه کتبی آگاهانه از همه بیماران به‌دست آمد. در زمان ورود به مطالعه، بیماران به صورت تصادفی به چهار گروه تمرین تناوبی با شدت بالا تردمیل (HIIT-TR)، دوچرخه (CY)، ترکیبی (CO) و کنترل (CTR) تقسیم و تصادفی‌سازی با استفاده از روش تصادفی بلوکی با block size برابر ۴ انجام شد.

تست ورزش

از تمام آزمودنی‌ها درخواست شد که حداقل تا ۲۴ ساعت قبل از تست ورزشی از فعالیت جسمانی شدید، مصرف کافئین و تنباکو خودداری کنند. همچنین، آخرین وعده غذایی حداقل ۲ ساعت قبل از شروع تست میل شود. ارزیابی Vo2 Peak و HRmax در شروع و پایان مطالعه (یک هفته بعد از آخرین جلسه تمرینی) با استفاده از آزمون دوچرخه ورزشی فزاینده و روش نفس به نفس با استفاده از ماسک صورت بر یک دوچرخه کارسنج (ZAN Mesgerate 600CEPT, Ergorespiratory, ZAN GMbH, Oberthulba, Germany) در اتاق با دمای کنترل‌شده (۲۴-۲۶ درجه سانتی‌گراد، ساعت ۰۹:۰۰ تا ۱۷:۰۰) اندازه‌گیری شد. یک هفته قبل از اجرای آزمون ورزشی همه افراد یک دوره آشناسازی کوتاه مدت با شیوه اجرای آزمون را اجرا کردند. بار کاری تست ورزشی فزاینده در شروع آزمون ۳۰ وات برای مردان و ۲۰ وات برای زنان به مدت ۲ دقیقه تنظیم شد و سپس برون‌ده توانی هر دقیقه ۱۰ وات افزایش می‌یافت تا جایی که فرد قادر به ادامه نبود و توان خروجی کمتر از ۴۰ rpm می‌رسید. VO2peak بالاترین جذب VO2، میانگین ۳۰ ثانیه متوالی بالاترین میزان برداشت اکسیژن در طی آزمون ورزشی گزارش شد. زمان رسیدن به واماندگی در طی آزمون دوچرخه ثبت شد.

پروتکل تمرین ورزشی

افراد شرکت‌کننده مداخله تمرینی را سه جلسه در هفته و به مدت ۱۲ هفته (۳۶ جلسه در دوره تمرینی، ساعت ۰۹:۰۰ تا ۱۲:۰۰) اجرا کردند. تمرین ورزشی به وسیله یک متخصص ورزشی پایش می‌شد. تمرین ورزشی گروه CY دوچرخه کار سنج پا (Varberg, 894E Monark Ergomedic peak bike, Sweden)، گروه TR روی تردمیل (3G cardio Elite Runner, Phoenix, AZ, USA) و گروه CO به صورت ترکیبی اجرا می‌شد. هر جلسه تمرینی HIIT (تردمیل و دوچرخه) شامل ۱۰ دقیقه گرم‌کردن با شدت ۴۰٪ ضربان قلب بیشینه (HRmax) بود که با ۴۲ دقیقه برنامه تمرینی شامل شش تناوب دنبال می‌شد و هر تناوب ۴ دقیقه با شدت ۹۰-۸۵٪ HRmax و ۳ دقیقه با شدت ۶۰-۵۵٪ HRmax بود، و در پایان ۱۰ دقیقه سردکردن با شدت ۴۰٪ HRmax اجرا می‌شد. برنامه تمرینی CO شامل ۱۰ دقیقه گرم‌کردن با شدت ۴۰٪ HRmax و ۲۱ دقیقه شامل سه تناوب که هر تناوب ۴ دقیقه با شدت ۹۰-۸۵٪ HRmax و ۳ دقیقه با شدت ۶۰-۵۵ درصد HRmax روی دوچرخه و ۲۱ دقیقه شامل سه تناوب که هر تناوب ۴ دقیقه با شدت ۹۰-۸۵٪ HRmax و ۳ دقیقه با شدت ۶۰-۵۵٪ HRmax روی تردمیل و ۱۰ دقیقه سردکردن با شدت ۴۰٪ HRmax اجرا شد. مانیتورینگ تواتر قلبی در طی هر جلسه پوشش داده شد تا از شدت مناسب تمام آزمودنی‌ها اطمینان حاصل شود (۲۷).

سنجش‌های بیوشیمیایی

یکی از کارشناسان مجرب علوم آزمایشگاهی در دو مرحله نمونه‌های خونی از سیاهرگ دست چپ هر یک از آزمودنی‌ها در وضعیت نشسته و در حالت استراحت در ۴۸ ساعت پیش از شروع تمرینات و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین را جمع‌آوری کرد. در هر دو نوبت پیش و پس از تمرین، پنج سی‌سی خون از

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.25382810.1400.8.4.4.9]

ورید آنتیکوبیتال بازویی گرفته و نمونه‌ها در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد فریز شدند. برای تعیین میزان اندوتلین-۱ و همچنین سطوح نیتریک اکساید (NO) سرم از روش الایزا استفاده شد. کیت الایزا برای هر دو پروتئین ساخت شرکت Sigma Aldrich ساخت کشور آمریکا بود.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (version 16.0; SPSS Inc, Chicago, IL, USA) آنالیز شدند. نتایج به صورت Mean ± SD بیان و مقدار سطح معنی‌داری $p<۰/۰۵$ در نظر گرفته‌شد. از تست شاپیرو-ویلک برای ارزیابی توزیع طبیعی استفاده شد. اختلاف بین گروه‌ها در حالت پایه با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه با آزمون تعقیبی توکی و برای بررسی اثر تقابلی گروه‌ها در زمان‌های پیش و پس‌آزمون از آنالیز واریانس دوطرفه استفاده شد.

نتایج

شرکت‌کنندگان به صورت تصادفی به گروه کنترل (n=۲۵)، HIIT-Treadmill (n=۲۵)، HIIT-Cycling (n=۲۵) و HIIT-Combine (n=۲۵) تقسیم شدند. از بین شرکت‌کنندگان ۷۰٪ (۱۷ نفر در گروه کنترل و ۵۳ نفر در گروه‌های فعالیت ورزشی) مطالعه را کامل کردند. مشخصات دموگرافیک افراد شرکت‌کننده در جدول ۱ گزارش شده‌است.

جدول ۱. مشخصات دموگرافیک افراد شرکت کننده در مطالعه

متغیر	گروه CTR (n=۱۷)	گروه CY (n=۱۸)	گروه TR (n=۱۸)	گروه CO (n=۱۷)
سن (سال)	۵۴/۲۴ ± ۵/۶۱	۵۵/۰۶ ± ۶/۴۳	۵۴/۷۸ ± ۶/۱۹	۵۳/۱۴ ± ۴/۸۴
وزن (کیلوگرم)	۹۳/۲۳ ± ۱۰/۵۸	۹۳/۰۵ ± ۱۳/۲۵	۹۵/۳۸ ± ۱۱/۲۳	۹۲/۶۴ ± ۱۱/۱۸
BMI (kg/m^2)	۳۱/۲۹ ± ۱/۵۸	۳۱/۷۰ ±۱/۲۸	۳۲/۳۹± ۱/۳۴	۳۲/۱۹ ± ۱/۷۰
دور کمر (متر)	۱/۱۳ ± ۰/۰۷	۱/۰۷ ± ۰/۰۶	۱/۱۰ ± ۰/۰۹	۱/۰۹ ± ۰/۰۸

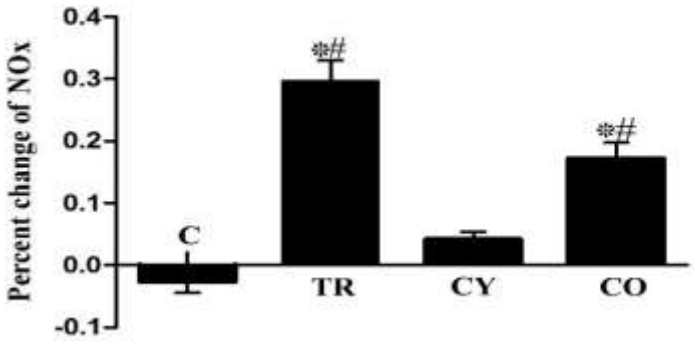
داده‌ها بر اساس میانگین ± انحراف استاندارد می‌باشد. مقادیر p بر اساس آنالیز واریانس یک‌طرفه می‌باشد.

عملکرد اندوتلیال

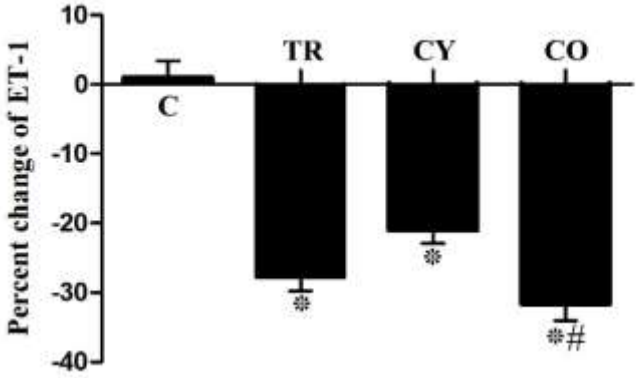
متغیرهای وابسته به عملکرد اندوتلیال در شکل ۱ و ۲ ارائه شده‌اند. در حالت پایه هیچ اختلاف معناداری بین متغیرها وجود ندارد. NOx در گروه‌های تمرینی HIIT-TR و ترکیبی نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری داشته‌است، اما در گروه تمرین تناوبی با دوچرخه تفاوتی وجود نداشت. با وجود این، هنگام بررسی بین گروه‌ها مشاهده می‌شود که در گروه TR، میزان افزایش NOx نسبت به سایر گروه‌های تمرینی بیشتر است ($p<۰/۰۱$). ET-1 در حالت پایه هیچ تغییر قابل توجهی بین گروه‌های مطالعه ندارد، اما ۱۲ هفته تمرین HIIT سطوح پلاسمایی ET-1 را در گروه‌های تمرینی TR و CO را کاهش داده است، در حالی‌که سطوح ET-1 در گروه CY با گروه CTR اختلاف معناداری ندارد ($p>۰/۰۵$). به نظر می‌رسد تمرینات HIIT با افزایش سطوح NOx و کاهش ET-1 در بهبود وضعیت وازودیلاتوری افراد چاق مؤثر باشند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تمرین تناوبی با تردمیل در مقایسه با تمرین تناوبی با دوچرخه اثرات بهبودی بهتری بر سطوح NO و ET-1 دارد.

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.25382810.1400.8.4.4.9]



شکل ۱. درصد تغییرات NOx در افراد چاق بعد از ۱۲ هفته مداخله ورزشی. داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف استاندارد می‌باشد.
*معناداری نسبت به گروه CTR، #معناداری نسبت به گروه CY، ¥معناداری نسبت به گروه TR، †معناداری نسبت به گروه CO



شکل ۲. درصد تغییرات ET-1 در افراد چاق بعد از ۱۲ هفته مداخله ورزشی. داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف استاندارد می‌باشد.
معناداری نسبت به گروه CTR، #معناداری نسبت به گروه CY، ¥معناداری نسبت به گروه TR، †معناداری نسبت به گروه CO

آمادگی قلبی تنفسی

بعد از ۱۲ هفته تمرین ورزشی HIIT، آمادگی قلبی تنفسی (VO2peak) در گروه‌های تمرینی در مقایسه با گروه کنترل بهبود یافته بود. تغییرات VO2peak در گروه‌های تمرینی اختلاف معناداری با تغییرات گروه کنترل داشت (p<۰/۰۰۱). به علاوه تغییرات ناشی از تمرین ورزشی در گروه HIIT-TR نسبت به گروه HIIT-CO افزایش بیشتری داشت (p<۰/۰۱). افزایش تغییرات مدت زمان تست ورزشی در گروه‌های تمرینی نسبت به گروه کنترل نشان می‌دهد که تمرین ورزشی اثر بهینه‌ای در افزایش مدت زمان اجرای تست در افراد تمرین‌کرده داشته‌است. حداکثر ضربان قلب در اندازه‌گیری پایه بین گروه‌های تمرینی اختلاف معناداری نداشت، در حالی‌که بعد از تمرین ورزشی تغییرات حداکثر ضربان قلب در گروه‌های تمرین‌کرده در مقایسه با گروه کنترل افزایش یافت (p<۰/۰۰۱) (جدول۲).

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.25382810.1400.8.4.4.9]

جدول ۲. تغییرات شاخص‌های بیوشیمیایی اندوتلیال و امدگی قلبی-تنفسی در پیش و پس آزمون

گروه‌ها	متغیر	فشار خون سیستولی (mm Hg)	فشار خون دیاستولی (mm Hg)	VO_{2peak} ml kg^{-1} min^{-1}	مدت زمان ورزش (دقیقه)	حداکثر ضربان قلب (bpm)	ET-1 (pmol/l)	NOx (µmol/l)
گروه CTR N=17	پیش‌آزمون	۱۳۷/۶۴±۱۱/۴۶	۸۱/۴±۸۸/۱۲	۲۴/۳±۳۵/۹۳	۸/۱±۸۵/۸۳	۱۳۵/۸±۴۷/۸۸	۲۸/۷±۴۱/۴۶	۱۲/۲±۳۵/۶۴
	پس‌آزمون	۱۳۷/۹۴ ±۱۱/۳۳	۸۲/۳±۲۹/۸۰	۲۳/۱±۱۱/۴۴	۸/۱±۳۷/۸۳	۱۳۴/۸±۴۷/۲۹	۲۸/۸±۸۲/۲۴	۱۱/۲±۹۴/۲۴
گروه CY N=18	پیش‌آزمون	۱۳۶/۱۱±۸۸/۷۹	۸۲/۳±۸۳/۶۹	۲۳/۳±۱۶/۸۰	۸/۱±۳۵/۸۵	۱۳۱/۹±۱۱/۰۴	۲۹/۷±۱۱/۸۱	۱۲/۲±۶۱/۵۹
	پس‌آزمون	۱۳۱/۱۰±۳۹/۴۴	۷۹/۳±۱۶/۰۱	۲۸/۴±۲۲/۶۵	۱۰/۱±۵۰/۸۸	۱۴۲/۹±۱۱/۲۴	۲۱/۷±۲۲/۳۵	۱۶/۲±۱۱/۵
گروه TR N=18	پیش‌آزمون	۱۳۸/۱۱±۷۲/۵۵	۸۲/۴±۸۸/۴۵	۲۲/۳±۲۷/۸۰	۸/۱±۰۵/۶۵	۱۳۲/۹±۸۳/۵۶	۳۰/۸±۲۲/۶۸	۱۳/۲±۱۱/۸۸
	پس‌آزمون	۱۳۵/۱۱±۷۲/۰۴	۷۹/۴±۸۸/۰۸	۲۷/۳±۲۷/۷۲	۱۰/۱±۱۱/۷۸	۱۴۰/۱۰±۸۳/۰۳	۲۴/۸±۲۲/۳۷	۱۳/۲±۵۵/۵۷
گروهCO N=17	پیش‌آزمون	۱۳۵/۱۱±۷۲/۰۴	۸۲/۳±۶۴/۹۹	۲۳/۴±۵۲/۱۸	۸/۱۱±۵۱/۲	۱۳۱/۸±۷۰/۱۲	۳۲/۷±۷۰/۷۹	۱۱/۳±۸۲/۹۳
	پس‌آزمون	۱۲۴/۳۵±۴۱/۱۴	۷۴/۴±۰۰/۱۹	۲۷/۳±۴۱/۶۷	۱۰/۲±۴۷/۰۰	۱۴۱/۸±۸۲/۱۴	۲۲/۷±۶۴/۳۸	۱۳/۲±۷۰/۳۶
P1		۰/۰۱۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۲	۰/۰۱۴	۰/۰۰۱
P2		۰/۱۶۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۱۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵

داده‌ها بر اساس میانگین ± انحراف استاندارد می‌باشد. P1: اثر اصلی پیش‌آزمون و پس‌آزمون، P2: اثر تقابلی (گروه*زمان)

بحث

اصلی‌ترین یافته این مطالعه این است که انواع مدل HIIT منجر به بهبود آمادگی قلبی تنفسی و بهبود فاکتورهای اندوتلیال در افراد دارای چاقی شد. افراد چاق در مقایسه با افراد غیر چاق حتی در صورت عدم همزمانی با بیماری‌های قلبی عروقی، آمادگی قلبی-تنفسی کمتری دارند (۵). کاهش آمادگی قلبی-تنفسی باعث می‌شود این افراد، مستعد ابتلا به عوارض عروقی شوند و میزان مرگ‌ومیر بیماری‌های قلبی افزایش یابد. اکسیژن مصرفی اوج، مهم‌ترین شاخص ظرفیت عملکردی در افراد چاق به حساب می‌آید (۱۰). تمرینات HIIT در بیماری‌های مزمن، ارجح‌ترین مدل تمرین ورزشی برای افزایش ظرفیت قلبی-تنفسی می‌باشد (۱۱). یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که اکسیژن مصرفی اوج در هر سه گروه ورزشی در مقایسه با گروه کنترل افزایش معناداری دارد. با این‌حال، میزان تغییرات در VO2peak بعد از تمرین ورزشی در گروه TR نسبت به گروه CO اختلاف معناداری داشت؛ درحالی‌که میزان تغییرات در اکسیژن مصرفی اوج بین گروه CY و TR تفاوتی نشان نداد. سازوکارهای افزایش اکسیژن مصرفی اوج ناشی از تمرینات HIIT مشخص نیست (۲۸). چاقی و دیس‌لیپیدمی و التهاب مزمن ناشی از هورمون‌های مترشح از بافت چربی منجر به دیسفانکشن اندوتلیال عروقی می‌شود که در بخشی به واسطه کاهش تولید NO و افزایش استرس اکسیداتیو و کاهش دفاع آنتی‌اکسیدانی می‌باشد (۷).

در ارتباط با سازوکار نوع تمرین، مدل‌های تمرینی پیاده‌روی، دوچرخه سواری وLeg Kicking در افراد سالم جوان پاسخ‌های متفاوتی در عملکرد اندوتلیالی را نشان دادند (۲۹). مطالعات گذشته نشان می‌دهد با جریان خون در مدل‌های تمرینی پیاده‌روی و دوچرخه با Leg kicking تفاوت دارد. الگوی Shear rate در مدل تمرینی Leg kicking با تغییرات در anterograde Shear rate و بدون تغییر در retrograde Shear rate همراه بود. تمرینات ورزشی که به صورت ریتمیک هستند منجر به افزایش retrograde Shear rate می‌شود. میزان تغییرات در retrograde Shear rate در دوچرخه بیشتر از پیاده‌روی بود که این به وسیله تفاوت در شدت فعالیت ورزشی اشاره دارد (۲۷، ۲۹). تمرینات ورزشی که شامل انقباض تکراری دینامیک گروه‌های عضلانی بزرگ هستند، با تغییرات سیستمی در پالس فشاری و تغییرات در همودینامیک و تنش برشی همراه است؛ درحالی‌که تمرینات ورزشی که گروه‌های عضلانی کوچک را به کار می‌گیرند به صورت موضعی عمل کرده و کمتر به تغییرات عصبی یا تنظیم مرکزی وابسته است (۲۹). به نظر

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.25382810.1400.8.4.4.9]

می‌رسد افزایش بیشتر جریان خون در گروه‌های TR و CO نسبت به گروه CY به گروه عضلات بزرگتر و الگوی shear rate بستگی داشته باشد. در مطالعاتی که روی افراد سالم انجام شد، به دلیل اینکه عملکرد اندوتلیال این افراد در حالت نرمال است، تمرینات ورزشی احتمالا نمی‌تواند باعث بهبود عملکرد اندوتلیال شود (۲۷). بهبود عملکرد اندوتلیال در افراد چاق می‌تواند در نتیجه تأثیرپذیری بیشتر شریان‌ها به تمرینات ورزشی باشد (۷). تخریب مسیر سیگنالینگ وازودیلاسیون و حذف تولید نیتریک اکساید با واسطه انسولین به دنبال مقاومت انسولینی یکی از عوامل مؤثر در دیسفانکشن اندوتلیال می‌باشد (۲۸). این نتایج نشان می‌دهد که آثار مفید تمرین ورزشی در افزایش NO ممکن است به وسیله بهبود کاهش عوامل التهابی بافت چربی شکمی واسطه شوند. از طرف دیگر بهبود کنترل گلیسمیک که با بهبود مسیر پیام‌رسانی نسفاتین و اپلین احتمالا منجر به کاهش مسیر تولید ET-1 شده‌است (۲۸).

یکی از سازوکارهای دیگر ناشی از تمرین ورزشی در بهبود عملکرد اندوتلیال، تنش برشی است که باعث افزایش تولید NO می‌شود (۲۹). تمرینات ورزشی بدون محدودیت جریان خون در مقایسه با تمرینات با محدودیت جریان خون، تنش برشی زیادتری تولید می‌کنند که باعث تحریک سازگاری عروقی وابسته به فعالیت ورزشی می‌شود (۲۷، ۲۹). به نظر می‌رسد فعال‌شدن مکانیسم تنش برشی به دنبال یک فعالیت شدید، یک محرک قوی سازگاری وازودیلاتوری به تمرین ورزشی می‌باشد. تکرار تنش برشی به صورت ممتد و پایدار به دنبال فعالیت ورزشی باعث سازگاری در مسیرهای وازودیلاتوری می‌شود. میزان افزایش تنش برشی به مدل‌های تمرینی و همچنین الگوهای جریان خون و تنش وابسته است (۳۰). شدت تمرینات ورزشی یکی از عوامل مؤثر در میزان افزایش جریان خون و shear rate می‌باشد. تمرینات HIIT به دلیل شدت بالا و تناوب‌های با شدت بالا و پایین منجر به افزایش تنش برشی بیشتر در مقایسه با سایر تمرینات می‌شوند. به نظر می‌رسد الگوی جریان خون و shear rate با گروه‌های عضلانی ارتباط دارد، در گروه تمرینی CY در مقایسه با گروه‌های دیگر گروه‌های عضلانی کمتری فعال هستند و میزان افزایش NO کمتر است (۳، ۲۸، ۲۹). به نظر می‌رسد مطالعه حاضر با محدودیت‌هایی از جمله اندازه‌گیری shear rate، زمان اندازه‌گیری‌ها در time courses گوناگون و خروج بیماران مصرف‌کننده داروهای آنتی آترواسکلروزیس روبرو بود.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج مطالعه حاضر نشان داد تمرینات HIIT باعث افزایش سطوح NOx و کاهش ET-1 شده که شاید بتوان گفت این نوع تمرین در انواع مختلف به لحاظ ویژگی تحمل وزن فرد یا عدم آن، موجب بهبود عملکرد اندوتلیال می‌شود. همچنین می‌توان بیان کرد احتمالا تمرینات HIIT از طریق افزایش عوامل گشادکننده عروق و کاهش عوامل تنگی عروق در افراد چاق، باعث بهبود اکسیژن مصرفی اوج (به ویژه در گروه HIIT با تحمل وزن و ترکیبی) و مدت زمان انجام فعالیت و نیز افزایش میانگین حداکثر ضربان قلب در گروه‌های تمرینی نسبت به گروه کنترل شده‌است.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همه شرکت‌کنندگان در این مطالعه و اساتید گرانقدری که در اجرای طرح به ما یاری رساندند سپاسگزاری می‌نماییم. پروتکل مطالعه توسط کمیته اخلاق دانشگاه تهران تصویب شد، با توجه به بیانیه هلسینکی در http://www.irct.ir با کد (IRCT2015100423002N2) ثبت شد.

تعارض منافع

طبق نظر نویسندگان هیچگونه تعارض منافعی وجود ندارد.

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.25382810.1400.8.4.4.9]

References

1. Van Gaal LF, Mertens IL, Christophe E. Mechanisms linking obesity with cardiovascular disease. Nature. 2006;444(7121):875-80.
2. Verçoza AM, Baldisserotto M, De Los Santos CA, Poli-De-Figueiredo CE, D'Avila DO. Cardiovascular risk factors and carotid intima-media thickness in asymptomatic children. Pediatric Cardiology. 2009;30(8):1055-60.
3. Sibal L, Agarwal SC, Home PD. Carotid intima-media thickness as a surrogate marker of cardiovascular disease in diabetes. Diabetes, metabolic syndrome and obesity: Targets and Therapy. 2011;4(3):23-30.
4. Bastien M, Poirier P, Lemieux I, Després J-P. Overview of epidemiology and contribution of obesity to cardiovascular disease. Progress in cardiovascular diseases. 2014;56(4):369-81.
5. Kelishadi R, Gharipour M, Sadri G, Tavasoli A, Amani A. Cardiovascular disease risk factors, metabolic syndrome and obesity in an Iranian population. EMHJ-Eastern Mediterranean Health Journal. 2008;14(5), 1070-79.
6. Idris-Khodja N, Ouerd S, Trindade M, Gornitsky J, Rehman A, Barhoumi T, et al. Vascular smooth muscle cell peroxisome proliferator-activated receptor γ protects against endothelin-1-induced oxidative stress and inflammation. Journal of Hypertension. 2017;35(7):1390.
7. Mohammadi R, Fathei M, Hejazi K. Effect of eight-weeks aerobic training on serum levels of nitric oxide and endothelin-1 in overweight elderly men. Iranian Journal of Ageing. 2018;13(1):74-85.
8. Toda N, Okamura T. Obesity impairs vasodilatation and blood flow increase mediated by endothelial nitric oxide: an overview. The Journal of Clinical Pharmacology. 2013;53(12):1228-39.
9. Virdis A, Duranti E, Rossi C, Dell'Agnello U, Santini E, Anselmino M, et al. Tumour necrosis factor-alpha participates on the endothelin-1/nitric oxide imbalance in small arteries from obese patients: role of perivascular adipose tissue. European Heart Journal. 2015;36(13):784-94.
10. Youssef H, Groussard C, Lemoine-Morel S, Jacob C, Moussa E, Fazah A, et al. Aerobic training suppresses exercise-induced lipid peroxidation and inflammation in overweight/obese adolescent girls. Pediatric Exercise Science. 2015;27(1):67-76.
11. Smith-Ryan AE, Trexler ET, Wingfield HL, Blue MN. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic risk factors in overweight/obese women. Journal of Sports Sciences. 2016;34(21):2038-46.
12. Li T-C, Li C-I, Liao L-N, Liu C-S, Yang C-W, Lin C-H, et al. Associations of EDNRA and EDN1 polymorphisms with carotid intima media thickness through interactions with gender, regular exercise, and obesity in subjects in Taiwan: Taichung Community Health Study (TCHS). 2015;5(2):1-7.
13. Mora S, Cook N, Buring JE, Ridker PM, Lee I-M. Physical activity and reduced risk of cardiovascular events potential mediating mechanisms. Circulation. 2007;116(19):2110-2128.
14. Joyner MJ, Green DJ. Exercise protects the cardiovascular system: effects beyond traditional risk factors. The Journal of Physiology. 2009;587(23):5551-58.
15. Green DJ, Spence A, Halliwill JR, Cable NT, Thijssen DH. Exercise and vascular adaptation in asymptomatic humans. Experimental Physiology. 2011;96(2):57-70.
16. Pal S, Radavelli-Bagatini S, Ho S. Potential benefits of exercise on blood pressure and vascular function. Journal of the American Society of Hypertension. 2013;7(6):494-506.
17. Cornelissen VA, Fagard RH, Coeckelberghs E, Vanhees L. Impact of resistance training on blood pressure and other cardiovascular risk factors a meta-analysis of randomized, controlled trials. Hypertension. 2011;58(5):950-8.
18. Miyachi M. Effects of resistance training on arterial stiffness: a meta-analysis. British Journal of Sports Medicine. 2013;47(6):393-06.
19. Gibbs BB, Dobrosielski DA, Bonekamp S, Stewart KJ, Clark JM. A randomized trial of exercise for blood pressure reduction in type 2 diabetes: effect on flow-mediated dilation and circulating biomarkers of endothelial function. Atherosclerosis. 2012;224(2):446-53.
20. Kadoglou N, Fotiadis G, Kapelouzou A, Kostakis A, Liapis C, Vrabas I. The differential anti-inflammatory effects of exercise modalities and their association with early carotid atherosclerosis progression in patients with type 2 diabetes. Diabetic Medicine. 2013;30(2): 41-50.
21. Schreuder TH, Green DJ, Nyakayiru J, Hopman MT, Thijssen DH. Time-course of vascular adaptations during 8 weeks of exercise training in subjects with type 2 diabetes and middle-aged controls. European Journal of Applied Physiology. 2015;115(1):187-96.
22. Molmen-Hansen HE, Stolen T, Tjonna AE, Aamot IL, Ekeberg IS, Tyldum GA, et al. Aerobic interval training reduces blood pressure and improves myocardial function in hypertensive patients. European Journal of Preventive Cardiology. 2012;19(2):151-60.
23. Currie KD, Dubberley JB, McKelvie RS, MacDonald MJ. Low-volume, high-intensity

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.25382810.1400.8.4.4.9]

interval training in patients with CAD. Medical Sciences of Sports Exercise. 2013;45(8):1436-42.
24. Madsen SM, Thorup AC, Overgaard K, Bjerre M, Jeppesen PB. Functional and structural vascular adaptations following 8 weeks of low volume high intensity interval training in lower leg of type 2 diabetes patients and individuals at high risk of metabolic syndrome. Archives of Physiology and Biochemistry. 2015;121(5):178-86.
25. Thijssen D, Dawson EA, Black MA, Hopman M, Cable NT, Green DJ. Brachial artery blood flow responses to different modalities of lower limb exercise. Medical Sciences of Sports Exercise. 2009;41(5):1072-89.
26. Schreuder TH, Van Den Munckhof I, Poelkens F, Hopman MT, Thijssen DH. Combined aerobic and resistance exercise training decreases peripheral but not central artery wall thickness in subjects with type 2 diabetes. European Journal of Applied Physiology. 2015;115(2):317-26.
27. Ghardashi-Afousi A, Davoodi M, Keshtkar-Hesamabadi B, Asvadi-Fard M, Bigi MAB, Izadi MR, et al. Improved carotid intima-media thickness-induced high-intensity interval training associated with decreased serum levels of Dkk-1 and sclerostin in type 2 diabetes. Journal of Diabetes and its Complications. 2020;34(1):27-39.
28. Izadi MR, Afousi AG, Fard MA, Bigi MAB. High-intensity interval training lowers blood pressure and improves apelin and NOx plasma levels in older treated hypertensive individuals. Journal of Physiology and Biochemistry. 2018;74(1):47-55.
29. Ghardashi Afousi A, Izadi MR, Rakhshan K, Mafi F, Biglari S, Gandomkar Bagheri H. Improved brachial artery shear patterns and increased flow-mediated dilatation after low-volume high-intensity interval training in type 2 diabetes. Experimental Physiology. 2018;103(9):1264-76.
30. Giles LV, Tebbutt SJ, Carlsten C, Koehle MS. The effect of low and high-intensity cycling in diesel exhaust on flow-mediated dilation, circulating NOx, endothelin-1 and blood pressure. PLoS One. 2018;13(2):115-28.

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.25382810.1400.8.4.4.9]

The effect of high intensity interval training on cardio-respiratory fitness levels, endothelin-1 and Nitric oxide levels in obese individuals

Received: 27 Nov 2021 Accepted: 3 Jan 2022

Mohammad Reza Izadi[1*], Ali Reza Ghardashi Afoosi[2], Neda Akbari[3], Mohammad Ali Babaee Bigi[4]

1. PhD, Researcher, Department of Physical Education and Sports Sciences, Imam Hossein Comprehensive University, Tehran, Iran 2. PhD, Department of Exercise Physiology, University of Tehran, Tehran, Iran 3. PhD, Department of Exercise Physiology, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran 4. Professor, Cardiovascular Research Center, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

Abstract

Introduction: Obesity is one of the biggest barriers to health in today's society. Endothelial dysfunction is more common in obese people than in other people and cardiorespiratory fitness is also low in these people. The aim of this study was to evaluate the effect of HIIT training with weight bearing, without weight bearing, and combined on the levels of ET-1, Nox, and cardiorespiratory fitness in obese population.

Materials and Methods: The present study was a semi-experimental study. 100 obese subjects (based on body mass index) who referred to Shariati Hospital in Tehran were randomly divided into four groups of High Intensity Interval training (HIIT), Treadmill (TR), Bicycle (CY), Combined (CO), and Control (CTR). The subjects in the training groups trained for 12 weeks. Blood samples and cardiovascular fitness tests of the subjects were measured in two rounds before and after the test. ELISA method was used to measure the levels of nitric oxide (NOx) and endothelin-1 (ET-1) and one-way and two-way methods were used to study the data changes.

Results: The results of the present study indicated that after 12 weeks of training, the VO2peak in the training groups improved compared to the control group ($p<0.001$) and it increased in the HIIT-TR group more than the HIIT-CO group ($p<0.01$). In the TR group, the rate of NOx increase was higher than other exercise groups ($p<0.01$). It was also indicated that training decreased plasma levels of ET-1 in the TR and CO exercise groups, while ET-1 levels in the CY group did not differ significantly from the CTR group ($p>0.05$).

Conclusion: It is possible that HIIT training improves VO2peak (especially in the HIIT group with weight bearing and combination) and the duration of training and also raises the mean maximum heart rate by increasing the biochemical factors of vasodilation and reducing the factors of vasoconstriction in obese patient in the training groups compared to the control group.

Keywords: Obesity, High Intensity Interval Training, VO2peak, ET-1, NOx

***Corresponding Author:** PhD, Researcher, Department of Physical Education and Sports Sciences, Imam Hossein Comprehensive University, Tehran, Iran

Email: kpezadimr@ihu.ac.ir **Tel:** +982174188676 **Fax:** +982177105076

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.25382810.1400.8.4.4.9]