

مقاله اصلی

اثر تمرینات HIFT بر شاخص‌های فشار اکسایشی و آنتی‌اکسیدانی در مردان فعال

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۲ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۳

خلاصه

مقدمه: اگرچه فعالیت‌های شدید بدنی می‌توانند منجر به افزایش تولید رادیکال‌های آزاد و در نتیجه افزایش فشار اکسایشی شوند، تمرینات منظم ورزشی قادرند سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن را تقویت کرده و اثرات منفی ناشی از آن را کاهش دهند. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر تمرینات تناوبی شدید عملکردی (HIFT) بر شاخص‌های فشار اکسایشی و آنتی‌اکسیدانی در مردان فعال بود.

روش کار: این پژوهش به صورت نیمه تجربی و با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه‌های کنترل و تجربی انجام شد. جامعه آماری شامل مردان فعال عضو باشگاه‌های ورزشی شهرستان لاهیجان بود. از میان داوطلبان، ۲۴ نفر (۱۳ نفر گروه آزمایش و ۱۱ نفر گروه کنترل) بر اساس معیارهای ورود و خروج، به صورت تصادفی ساده به دو گروه کنترل و تجربی تقسیم شدند. خون‌گیری از ورید بازویی در حالت پایه و پس از هشت هفته تمرین برای سنجش سطوح سرمی شاخص‌های SOD، MDA، GPX و CAT انجام شد. برنامه تمرینی HIFT شامل حرکات ترکیبی قدرتی و هوازی بود که به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته اجرا گردید. برای تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ استفاده شد.

نتایج: نتایج نشان داد با کنترل اثر پیش‌آزمون، بین نمرات پس‌آزمون دو گروه در شاخص‌های SOD، CAT، GPX و MDA تفاوت معناداری وجود داشت، به طوری که میانگین این شاخص‌ها در گروه تجربی به طور معناداری نسبت به گروه کنترل بهبود یافته بود ($P < 0.01$).

نتیجه‌گیری: بر اساس یافته‌های این پژوهش، تمرینات HIFT با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و کاهش شاخص‌های فشار اکسایشی، موجب بهبود وضعیت اکسیداتیو در مردان فعال می‌شود.

کلمات کلیدی: HIFT، استرس اکسیداتیو، رادیکال‌های آزاد، آنتی‌اکسیدان‌ها، مردان فعال

شایان پره‌نر^۱

حسن عبدی^{۲*}

^۱ کارشناسی ارشد روانشناسی ورزشی، واحد

لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

^۲ گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد

شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران

(نویسنده مسئول)

Email: habdi1978@gmail.com

مقدمه

رادیکال‌های آزاد مولکول‌های پرتحرکی هستند که می‌توانند به سلول‌های بدن آسیب برسانند. دهنام هارمن در سال ۱۹۵۶ برای نخستین بار خواص فعال رادیکال‌های آزاد را کشف کرد و نظریه رادیکال آزاد پیرامون فرآیند پیری را مطرح نمود (۱). طبق این نظریه، تولید رادیکال‌های آزاد مانند گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) در جریان متابولیسم بدن اجتناب‌ناپذیر است. این گونه‌های فعال اکسیژن، مواد فعالی هستند که در بدن انسان و محیط طبیعی وجود دارند. فرآیندهای متابولیکی طبیعی می‌توانند موجب تولید ROS شوند که این خود آغازگر شکل‌گیری رادیکال‌های آزاد است (۲). با این حال، تولید بی‌رویه و کنترل‌نشده ROS می‌تواند به پروتئین‌ها، DNA و لیپیدها آسیب اکسیداتیو وارد کند (۳،۴).

آنتی‌اکسیدان‌ها موادی هستند که اثرات مخرب اکسیژن را کاهش می‌دهند. این ترکیبات با به دام انداختن و خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد، از آسیب به بافت‌های بدن جلوگیری می‌کنند. سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن شامل متابولیت‌ها و آنزیم‌هایی است که با حذف به موقع ROS از ایجاد آسیب به اجزای حیاتی سلول‌ها پیشگیری می‌کنند (۵). لازم به ذکر است که ROS همیشه مضر نیستند؛ غلظت‌های کنترل‌شده و مناسب این گونه‌ها می‌توانند نقش مثبتی در تقویت سیستم ایمنی بدن داشته باشند (۶). بنابراین، هدف اصلی سیستم آنتی‌اکسیدانی، حذف کامل ROS نیست، بلکه تنظیم آن‌ها در سطحی متعادل و مناسب است. از نظر فیزیولوژیکی، آنتی‌اکسیدان‌ها و اکسیدان‌ها در وضعیت تعادل قرار دارند. سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی درونی بدن، شامل مکانیسم‌های آنزیمی و غیرآنزیمی، در شرایط طبیعی توانایی مقابله با اثرات مضر احتمالی ROS را داراست (۶،۷). هنگامی که میزان مواد اکسیدکننده افزایش یابد، استرس اکسیداتیو رخ می‌دهد. شواهد رو به افزایشی

نشان می‌دهد که بسیاری از مشکلات و بیماری‌های مرتبط با پیری، ناشی از تولید داخلی ROS و استرس اکسیداتیو هستند (۸). باور عمومی بر این است که بسیاری از مشکلات سلامت مربوط به سن، از جمله چین‌وچروک پوست، بیماری‌های قلبی عروقی، سرطان و بیماری آلزایمر، با استرس اکسیداتیو بیش‌ازحد ارتباط دارند (۹،۱۰،۱۱).

مطالعات متعدد نشان داده‌اند که با افزایش مصرف اکسیژن در طول فعالیت ورزشی، میزان تولید ROS نیز افزایش می‌یابد (۵،۱۲). زمانی که توان سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن برای مقابله با این افزایش تولید ROS کافی نباشد، استرس اکسیداتیو شکل می‌گیرد. برای اولین بار، دیویس و همکارانش در سال ۱۹۸۲ با استفاده از تکنیک تشدید الکترون اسپین (ESR)، افزایش قابل توجه رادیکال‌های آزاد در عضلات پس از ورزش را به صورت مستقیم تأیید کردند (۱۳). در چهار دهه گذشته، مطالعات فراوانی به بررسی تأثیرات استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش پرداخته‌اند.

همچنین تحقیقات نشان داده‌اند که ورزش منظم می‌تواند سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن را تقویت کرده و مقاومت بدن را در برابر استرس اکسیداتیو افزایش دهد (۱۴ تا ۱۷). ورزش منظم نه تنها به سلامت عمومی بدن کمک می‌کند، بلکه می‌تواند خطر ابتلا به بیماری‌هایی مانند سرطان، بیماری‌های قلبی عروقی، دیابت و دیگر بیماری‌های مزمن را کاهش دهد (۱۸، ۲۸ تا ۲۰).

تمرین عملکردی با شدت بالا (HIFT)، نوعی فعالیت ورزشی است که توسط شرکت کنندگانی با سطوح مختلف آمادگی جسمانی، تجربه تمرینی، سن و سبک زندگی به صورت تفریحی انجام می‌شود و به عنوان یک رشته ورزشی مستقل نیز شناخته می‌شود (۲۱ تا ۲۳). این برنامه تمرینی که با شدت بالا، تنوع مداوم و حرکات عملکردی مشخص می‌شود، اغلب به صورت تکرارهای سریع و

پی‌درپی و با زمان استراحت محدود یا بدون استراحت اجرا می‌شود (۲۴ تا ۲۷) HIFT بر اساس افزایش تدریجی ظرفیت کاری در طول زمان و با استفاده از انواع مختلفی از روش‌های ورزشی طراحی شده است که شامل تمرینات تک‌ساختاری (مانند دویدن، قایقرانی و غیره)، حرکات وزن بدن (مانند اسکوات، شنا و غیره) و مشتقات وزنه‌برداری (مانند اسنچ، پرس شانه، ددلیفت و غیره) می‌باشد (۲۴،۲۶،۲۸).

HIFT ترکیبی از استقامت، توان و قدرت را هم‌زمان در قالب یک ورزش ارائه می‌دهد که آن را از سایر رشته‌ها متمایز می‌کند. این نوع تمرین شاید جامع‌ترین سبک ورزشی باشد؛ چراکه نیازمند تمام جنبه‌های آمادگی جسمانی است (۲۹). برنامه‌های HIFT با هدف بهبود پارامترهای عمومی آمادگی جسمانی مانند استقامت قلبی-عروقی، قدرت، ترکیب بدنی، انعطاف‌پذیری و همچنین عملکردهایی چون چابکی، سرعت، توان و قدرت طراحی می‌شوند (۸،۱۰). با این وجود، برخی ویژگی‌های این برنامه‌ها با اصول ایمنی و توسعه صحیح عضلانی همخوانی ندارند که این موضوع منجر به افزایش ریسک سلامت و احتمال آسیب‌دیدگی می‌شود (۲۷،۳۱ تا ۳۳).

محبوب‌ترین نوع از این برنامه‌ها، کراس‌فیت® است که یک برنامه ورزشی با مدت زمان کوتاه، حجم بالا و شدت زیاد به شمار می‌آید (۳،۶). تمرینات کراس‌فیت به‌صورت جلسات روزانه تحت عنوان تمرین روز (WOD) سازمان‌دهی می‌شوند که معمولاً کمتر از ۲۰ دقیقه طول می‌کشند و با دوره‌های استراحت کوتاه یا بدون استراحت اجرا می‌شوند. این شرایط شرکت‌کنندگان را در معرض تغییراتی در پارامترهای ایمنی، فعالیت‌های غدد درون‌ریز و وضعیت اکسیداتیو قرار می‌دهد (۲۵،۲۹،۳۴،۳۵). تمرینات این برنامه بر سه مولفه اصلی استوار است: ژیمناستیک، تمرینات متابولیکی و وزنه‌برداری (۳۶). مطالعات اخیر نشان

داده‌اند که یک جلسه HIFT باعث افزایش قابل‌توجه غلظت‌های اینترلوکین-۶ (IL-6)، اینترلوکین-۱۰ (IL-10)، لاکتات و گلوکز پس از WOD می‌شود (۲۵). همچنین، پاسخ حاد استرس اکسیداتیو خون در ورزشکاران مرد HIFT مشابه یک جلسه دویدن با شدت بالا روی تردمیل مشاهده شده است (۳۴). به‌طور مشابه، هیونز و همکاران (۳۷) نشان دادند که پروتکل با شدت بالا و استراحت کوتاه (که ویژگی‌هایی مشابه یک جلسه HIFT دارد)، افزایش قابل‌توجهی در نشانگرهای غیرمستقیم خون مربوط به آسیب عضلانی ایجاد می‌کند. تا جایی که می‌دانیم، تنها یک مطالعه پاسخ‌های ایمنی مزمن در ورزشکاران HIFT را بررسی کرده است (۳۳). علیرغم محبوبیت HIFT، تعداد بسیار محدودی از مطالعات، تأثیر یک جلسه تمرینی منفرد بر متغیرهای فیزیولوژیکی مانند نشانگرهای متابولیکی، بیومارکرهای ایمنی، نشانگرهای استرس، وضعیت اکسیداتیو و جنبه‌های هورمونی را مورد بررسی قرار داده‌اند (۲۲،۲۵،۲۹،۳۴).

روش کار

این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون همراه با گروه‌های کنترل و مداخله می‌باشد. جامعه آماری شامل مردان فعال عضو باشگاه‌های ورزشی شهرستان لاهیجان بود که از میان آن‌ها ۳۰ نفر به‌صورت داوطلبانه و با در نظر گرفتن معیارهای ورود و خروج، از طریق روش نمونه‌گیری تصادفی ساده در دو گروه کنترل و تجربی جای گرفتند. در مرحله آغازین و پس از گذشت هشت هفته از اجرای برنامه تمرینی، نمونه‌گیری خونی از ورید بازویی در شرایط پایه برای سنجش سطوح سرمی شاخص‌های MDA، SOD، GPX و CAT صورت گرفت.

شرکت در این پژوهش مشروط به داشتن شرایطی از جمله: مرد بودن، سن بین ۲۰ تا ۳۵ سال، دارا بودن حداقل ۶ ماه

سابقه تمرین منظم (سه جلسه در هفته)، عدم مصرف مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی و داروهای تأثیرگذار بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو طی سه ماه گذشته، نداشتن بیماری‌های مزمن نظیر دیابت، بیماری‌های قلبی یا ریوی، عدم استعمال دخانیات یا مصرف الکل در شش ماه اخیر و نیز ارائه رضایت‌نامه کتبی آگاهانه بود. از سوی دیگر، ملاک‌های حذف شامل غیبت در بیش از ۲۰ درصد جلسات تمرینی، شروع مصرف دارو یا مکمل در طول دوره، بروز آسیب‌دیدگی یا بیماری حاد، واکنش منفی نسبت به تمرینات HIFT یا تمایل فرد به ترک پژوهش در هر زمان بودند.

پس از حضور داوطلبان در محل اجرای پژوهش و سپری کردن ۱۵ دقیقه استراحت غیرفعال (نشستن بر روی صندلی)، نمونه‌ای به حجم ۳ میلی‌لیتر خون از ورید بازویی جهت اندازه‌گیری شاخص‌های MDA، SOD، GPX و CAT گرفته شده و به عنوان پیش‌آزمون ثبت شد. پس از گذشت دوره‌ی تمرینی هشت‌هفته‌ای، شرکت‌کنندگان مجدداً در ساعت ۹ صبح در محل آزمایش حاضر شدند و مشابه مرحله نخست، پس از ۱۵ دقیقه استراحت غیرفعال، نمونه خون از آنان گرفته شد. همچنین، بلافاصله پس از پایان آخرین جلسه تمرینی نیز خون‌گیری مشابهی انجام شد تا تغییرات احتمالی بررسی شود. نمونه‌های خونی جمع‌آوری شده در لوله‌های مخصوص و میکروتیوب‌های کدگذاری شده ریخته شده و برای سانتیفریوژ و استخراج سرم به آزمایشگاه منتقل گردیدند.

برنامه تمرینی HIFT به مدت هشت هفته، در سه جلسه در هفته، با تمرکز بر تمرینات هوازی و قدرتی با الگوبرداری از ساختار تمرینی کراس‌فیت اجرا شد. پیش از شروع دوره، دو جلسه مقدماتی برای آموزش اصول پایه HIFT برگزار گردید. هر جلسه تمرینی شامل بخش‌های گرم کردن (۱۰ تا ۱۵ دقیقه)، تمرینات مهارتی (۱۰ تا ۲۰ دقیقه)، تمرینات اصلی (۵ تا ۳۰ دقیقه) و سرد کردن (۵ دقیقه) بود. ترکیب تمرینات شامل

حرکات با وزن بدن، دویدن، تمرین با وزنه (مانند کتل‌بل) و حرکات ترکیبی با شدت بالا بود که هدف آن‌ها ارتقاء آمادگی جسمانی چندوجهی مانند استقامت، قدرت و توان انفجاری بود. شدت تمرینات به صورت تدریجی و با رعایت اصل اضافه‌بار افزایش یافت؛ به طوری که در طول زمان وزن وزنه‌ها، تعداد تکرارها، تعداد ست‌ها و سرعت اجرا افزایش پیدا کرد و تمرینات از ساده به پیچیده پیش رفتند (۳۸). برنامه تمرینی متناسب با ظرفیت فیزیکی هر شرکت‌کننده طراحی و اجرا شد و پیشرفت فردی به طور مستمر پایش گردید.

روش آماری

داده‌ها در دو سطح آمار توصیفی و استنباطی تحلیل شدند. در سطح توصیفی از شاخص‌هایی مانند میانگین و انحراف معیار استفاده شد. در سطح استنباطی، برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک، برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون لوین، و برای مقایسه بین گروه‌ها از تحلیل واریانس یک‌راهه (ANOVA) به همراه آزمون تعقیبی بونفرونی بهره گرفته شد. تمامی تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ و در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام شد.

نتایج

نمونه آماری پژوهش حاضر شامل ۲۴ نفر (۱۳ نفر گروه آزمایش و ۱۱ نفر گروه کنترل) بودند. در جدول ۴-۱ یافته‌های شاخص‌های آنتروپومتریک آزمودنی‌ها ارائه شده است.

جدول ۱. داده‌های جمعیت شناختی مربوط به افراد گروه آزمایش و کنترل

p-value	گروه کنترل (۱۱)		گروه آزمایش (۱۳ نفر)		متغیر
	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	
۰/۱۹۸	۲/۹۴	۲۶/۳۶	۳/۰۹	۲۴/۷۱	سن
۰/۴۸۹	۲/۳۷	۱۷۵/۵۲	۳/۴۶	۱۷۴/۶۵	قد
۰/۰۸۴	۱/۶۸	۷۵/۵۶	۱/۸۴	۷۴/۲۴	وزن
۰/۶۸۳	۰/۹۰	۲۴/۵۳	۱/۱۳	۲۴/۳۶	شاخص توده بدن

میانگین سنی شرکت کنندگان گروه آزمایش ۲۴/۷۱، گروه کنترل ۲۶/۳۶ بود، میانگین قد گروه آزمایش ۱۷۴/۶۵، گروه کنترل ۱۷۵/۵۲ بود. میانگین وزن گروه آزمایش ۷۴/۲۴، گروه کنترل ۷۵/۵۶ بود. میانگین شاخص توده بدن گروه آزمایش ۲۴/۳۶، گروه کنترل ۲۴/۵۳ بود. نتایج آزمون t مستقل نشان داد که بین سن افراد گروه آزمایش و

کنترل، قد، وزن و توده بدنی‌شان تفاوت معناداری وجود ندارد ($p > ۰/۰۵$).

با توجه به نتایج داده‌ها تمام متغیرهای پژوهش دارای توزیع نرمال هستند ($p < ۰/۰۵$). لذا استفاده از روشهای آماری پارامتریک در اینجا بلامانع است.

جدول ۲. نتایج تحلیل کوواریانس مربوط به دو گروه آزمایش و کنترل در متغیر SOD

منبع تغییرات	SS	df	MS	F	p-value	اندازه اثر
گروه	۳۷۰۳۰/۰۸۳	۱	۳۷۰۳۰/۰۸۳	۳۷/۴۱۷	$< ۰/۰۰۱$	۰/۶۴۱
خطا	۲۰۷۸۲/۹۱۶	۲۱	۹۸۹/۶۶۳			
کل	۱۲۴۶۳۱۴	۲۴				

جدول ۳. میانگین تعدیل شده پس از آزمون SOD

متغیر وابسته	گروه	میانگین تعدیل شده	خطای استاندارد
SOD	آزمایش	۲۵۷/۸۸۱	۸/۷۴
	کنترل	۱۷۸/۶۰۳	۹/۵۱

نتایج جدول ۲ و ۳ نشان می‌دهد که پس از کنترل اثر پیش‌آزمون، تفاوت نمره‌های پیش‌آزمون- پس‌آزمون دو گروه برای متغیر SOD معنادار است و میانگین نمره‌های گروه آزمایش در متغیر SOD نیز به‌طور معناداری کمتر از گروه کنترل است ($p < ۰/۰۰۱$). بنابراین می‌توان گفت که اثر تمرینات HIFT بر SOD در مردان فعال اثربخش است. از این‌رو، فرضیه اول معنادار است.

جدول ۴. نتایج تحلیل کوواریانس مربوط به دو گروه آزمایش و کنترل در متغیر CAT

منبع تغییرات	SS	df	MS	F	p-value	اندازه اثر
گروه	5448/277	۱	5448/277	77/375	<۰/۰۰۱	۰/787
خطا	1478/693	۲۱	70/414			
کل	90373	۲۴				

جدول ۵. میانگین تعدیل شده پس‌آزمون CAT

متغیر وابسته	گروه	میانگین تعدیل شده	خطای استاندارد
CAT	آزمایش	74/045	2/426
	کنترل	41/073	2/656

نتایج جدول ۴ و ۵ نشان می‌دهد که پس از کنترل اثر پیش‌آزمون، تفاوت نمره‌های پیش‌آزمون- پس‌آزمون دو گروه برای متغیر CAT معنادار است و میانگین نمره‌های گروه آزمایش در متغیر CAT نیز به‌طور معناداری بیشتر از گروه کنترل است ($p < ۰/۰۰۱$). بنابراین می‌توان گفت که اثر تمرینات HIFT بر CAT در مردان فعال اثربخش است. از این‌رو، فرضیه معنادار است.

جدول ۶. نتایج تحلیل کوواریانس مربوط به دو گروه آزمایش و کنترل در متغیر GPX

منبع تغییرات	SS	df	MS	F	p-value	اندازه اثر
گروه	27367/059	۱	27367/059	66/335	<۰/۰۰۱	۰/760
خطا	8663/776	۲۱	412/561			
کل	238407	۲۴				

جدول ۷. میانگین تعدیل شده پس‌آزمون GPX

متغیر وابسته	گروه	میانگین تعدیل شده	خطای استاندارد
GPX	آزمایش	122/466	5/642
	کنترل	54/477	6/135

نتایج جدول ۶ و ۷ نشان می‌دهد که پس از کنترل اثر پیش‌آزمون، تفاوت نمره‌های پیش‌آزمون- پس‌آزمون دو گروه برای متغیر GPX معنادار است و میانگین نمره‌های گروه آزمایش در متغیر GPX نیز به‌طور معناداری بیشتر از گروه کنترل است ($p < ۰/۰۰۱$). بنابراین می‌توان گفت که اثر تمرینات HIFT بر GPX در مردان فعال اثربخش است. از این‌رو، فرضیه معنادار است.

جدول ۸. نتایج تحلیل کوواریانس مربوط به دو گروه آزمایش و کنترل در متغیر MDA

منبع تغییرات	SS	df	MS	F	p-value	اندازه اثر
گروه	50/802	۱	50/802	61/397	<۰/۰۰۱	۰/74
خطا	17/375	۲۷	۰/827			
کل	512840	۳۰				

جدول ۹. میانگین تعدیل شده پس از آزمون متغیر MDA

متغیر وابسته	گروه	میانگین تعدیل شده	خطای استاندارد
MDA	آزمایش	5/659	۰/254
	کنترل	2/695	۰/277

داشته باشد و با کاهش شاخص‌های استرس اکسیداتیو، وضعیت اکسیداتیو را در مردان فعال بهبود بخشد (۳۹). یکی از مکانیزم‌های اصلی تأثیر HIFT، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی درونی بدن مانند سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT) و گلوکاتیون پراکسیداز (GPx) است. این آنزیم‌ها در برابر رادیکال‌های آزاد نقش محافظتی ایفا کرده و از آسیب‌های سلولی جلوگیری می‌کنند (۴۰).

تحقیقات نشان می‌دهند که تمرینات شدید و منظم مانند HIFT باعث افزایش بیوترنز میتوکندریایی و بهبود عملکرد آن می‌شوند، که در نتیجه تولید رادیکال‌های آزاد در طول متابولیسم انرژی کاهش می‌یابد (۴۱). این فرایند تعادل بین عوامل اکسیدان و آنتی‌اکسیدان را به نفع بدن تغییر می‌دهد. از منظر فیزیولوژیکی، تمرینات شدید باعث ایجاد «هورمیسس» می‌شوند؛ فرآیندی که در آن مواجهه با میزان کم استرس اکسیداتیو، سازگاری مثبت سلولی را در پی دارد و مقاومت بدن را در برابر آسیب‌های آتی افزایش می‌دهد (۴۲). بنابراین، HIFT می‌تواند با ایجاد فشار مطلوب، پاسخ‌های آنتی‌اکسیدانی بدن را تقویت کند.

نتایج جدول ۸ و ۹ نشان می‌دهد که پس از کنترل اثر پیش‌آزمون، تفاوت نمره‌های پیش‌آزمون-پس‌آزمون دو گروه برای متغیر MDA معنادار است و میانگین نمره‌های گروه آزمایش در متغیر MDA نیز به‌طور معناداری بیشتر از گروه کنترل است ($p < ۰/۰۰۱$). بنابراین می‌توان گفت که اثر تمرینات HIFT بر MDA در مردان فعال اثربخش است. از این رو، فرضیه معنادار است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر تمرینات HIFT بر شاخص‌های فشار اکسایشی و آنتی‌اکسیدانی در مردان فعال بود. نتایج نشان داد که تمرینات HIFT با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و کاهش شاخص‌های فشار اکسایشی، موجب بهبود وضعیت اکسیداتیو در مردان فعال می‌شود.

تمرینات عملکردی با شدت بالا (HIFT) نوعی از فعالیت‌های ورزشی نوظهور هستند که تمرینات هوازی و مقاومتی را با الگوهای حرکتی عملکردی و در شدت بالا ترکیب می‌کنند. پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که HIFT می‌تواند تأثیرات مثبتی بر سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن

یافته‌های پژوهشی نشان داده‌اند که مردان فعال پس از ۶ تا ۸ هفته شرکت در برنامه‌های HIFT، افزایش معناداری در سطح فعالیت آنزیم‌های SOD و GPx داشته‌اند و در عین حال، شاخص MDA (مالون‌دی‌آلدئید) که نشان‌دهنده پراکسیداسیون لیپیدی است، کاهش یافته است (۴۳).

همچنین، تمرینات HIFT با کاهش التهاب سیستمیک نیز همراه است که با کاهش سیتوکین‌های التهابی مانند IL-6 و TNF- α همراه می‌شود. این عوامل معمولاً با تولید ROS مرتبط هستند و کاهش آن‌ها می‌تواند به کاهش بار اکسیداتیو منجر شود (۴۴).

در مقایسه با تمرینات هوازی با شدت متوسط، تمرینات HIFT به دلیل شدت بالا و ماهیت متناوب خود، پاسخ‌های آنتی‌اکسیدانی قوی‌تر و سریع‌تری ایجاد می‌کنند (۴۵). این ویژگی موجب محبوبیت روزافزون این نوع تمرینات در میان افراد فعال شده است.

با وجود فواید فراوان، پاسخ به HIFT می‌تواند در افراد مختلف متفاوت باشد. عواملی مانند سطح آمادگی اولیه، ژنتیک، تغذیه و کیفیت ریکاوری نقش مهمی در شدت پاسخ اکسیداتیو دارند. بنابراین، طراحی شخصی‌سازی شده تمرینات و پایش مستمر وضعیت فرد ضروری است (۴۶).

تمرینات عملکردی با شدت بالا (HIFT) یکی از روش‌های نوین تمرینی است که با ترکیب حرکات هوازی و مقاومتی در قالب حرکات عملکردی و با شدت بالا، توانسته توجه بسیاری از متخصصان فیزیولوژی ورزشی را جلب کند. این نوع تمرینات، به دلیل شدت و ماهیت متغیر خود، باعث تولید مقادیر بالایی از گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) در کوتاه‌مدت می‌شوند؛ اما در عین حال، با تحریک سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی بدن، زمینه‌ساز سازگاری‌های مثبت بلندمدت نیز هستند (۳۹، ۴۰).

پژوهش‌ها نشان می‌دهند که تمرینات HIFT با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر سوپراکسید دیسموتاز

(SOD)، کاتالاز (CAT) و گلوکاتایون پراکسیداز (GPx)، توان دفاعی بدن در برابر آسیب‌های اکسیداتیو را تقویت می‌کنند. این آنزیم‌ها با خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و جلوگیری از آسیب به لیپیدها، پروتئین‌ها و DNA، نقش حیاتی در حفظ تعادل اکسیداتیو دارند (۴۳، ۴۰).

همچنین، شواهد نشان داده‌اند که تمرینات HIFT باعث کاهش سطح شاخص‌های فشار اکسایشی از جمله مالون‌دی‌آلدئید (MDA) می‌شود که نشانگر پراکسیداسیون لیپیدی و آسیب سلولی است. این کاهش در شاخص‌های آسیب، بیانگر توانایی بدن در مهار رادیکال‌های آزاد و ترمیم آسیب‌های ناشی از استرس اکسیداتیو پس از سازگاری با تمرین است (۴۵، ۴۳).

مردان فعال که از آمادگی جسمانی اولیه برخوردارند، به دلیل ظرفیت هوازی و غیرهوازی بالاتر، قادرند شدت‌های بالای تمرینی را بهتر تحمل کنند و سازگاری‌های متابولیکی مطلوب‌تری نیز نسبت به افراد کم‌تحرك نشان دهند. در این گروه، تمرینات HIFT می‌تواند نقش مؤثری در ارتقاء سلامت سلولی، کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های التهابی، متابولیک و حتی قلبی‌عروقی ایفا کند (۴۱، ۴۶).

در مجموع، تمرینات HIFT از طریق القای فشار فیزیولوژیکی کنترل‌شده، سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی بدن را تقویت کرده و با کاهش شاخص‌های فشار اکسایشی، وضعیت اکسیداتیو را بهبود می‌بخشد. این سازگاری‌ها در بلندمدت می‌توانند نقش پیشگیرانه و درمانی در برابر بسیاری از بیماری‌های مرتبط با استرس اکسیداتیو ایفا کنند، به‌ویژه در مردان فعال که به دنبال بهینه‌سازی عملکرد جسمی و سلامت عمومی خود هستند.

در جمع‌بندی می‌توان گفت که تمرینات HIFT با تقویت فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و کاهش شاخص‌های آسیب اکسیداتیو، به بهبود وضعیت اکسیداتیو بدن در مردان فعال کمک می‌کند. این تغییرات نه تنها به بهبود عملکرد

شرکت داده شده‌اند. این پژوهش با هزینه شخصی نویسندگان انجام شده است.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از زحمات تمامی افرادی که در راستای اجرای این پژوهش همکاری نموده‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

ورزشی کمک می‌کنند، بلکه در پیشگیری از بیماری‌های مزمن مرتبط با استرس اکسیداتیو نیز مؤثر هستند. پژوهش‌های آتی باید به بررسی اثرات بلندمدت HIFT بر استرس اکسیداتیو، به‌ویژه در زمینه پیری، سلامت متابولیک و تفاوت‌های جنسیتی بپردازند. همچنین بررسی دقیق‌تر رژیم‌های تمرینی و مداخلات تغذیه‌ای در حمایت از دفاع آنتی‌اکسیدانی نیز ارزشمند خواهد بود.

ملاحظات اخلاقی

شرکت کنندگان بعد از مصاحبه‌های اولیه با شرکت کنندگان و پرکردن فرم رضایت آگاهانه در این پژوهش

References

1. Harman, D. Aging: A Theory Based on Free Radical and Radiation Chemistry. *J. Gerontol.* 1956, 11, 298–300. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed] [Green Version]
2. Forsberg, L.; de Faire, U.; Morgenstern, R. Oxidative Stress, Human Genetic Variation, and Disease. *Arch. Biochem. Biophys.* 2001, 389, 84–93. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
3. Gutteridge, J.M.; Mumby, S.; Koizumi, M.; Taniguchi, N. “Free” Iron in Neonatal Plasma Activates Aconitase: Evidence for Biologically Reactive Iron. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 1996, 229, 806–809. [Google Scholar] [CrossRef]
4. Halliwell, B. Free radicals, proteins and DNA: Oxidative damage versus redox regulation. *Biochem. Soc. Trans.* 1996, 24, 1023–1027. [Google Scholar] [CrossRef]
5. Cooper, C.E.; Vollaard, N.B.; Choueiri, T.; Wilson, M.T. Exercise, free radicals and oxidative stress. *Biochem. Soc. Trans.* 2002, 30, 280–285. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
6. Banerjee, A.K.; Mandal, A.; Chanda, D.; Chakraborti, S. Oxidant, antioxidant and physical exercise. *Mol. Cell. Biochem.* 2003, 253, 307–312. [Google Scholar] [CrossRef]
7. Koska, J.; Blazicek, P.; Marko, M.; Grna, J.D.; Kvetnanský, R.; Vigas, M. Insulin, catecholamines, glucose and antioxidant enzymes in oxidative damage during different loads in healthy humans. *Physiol. Res.* 2000, 49, 95–100. [Google Scholar]
8. Cooke, M.S.; Evans, M.D.; Dizdaroglu, M.; Lunec, J. Oxidative DNA damage: Mechanisms, mutation, and disease. *FASEB J.* 2003, 17, 1195–1214. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]
9. Kruk, J.; Aboul-Enein, H.Y.; Kładna, A.; Bowser, J.E. Oxidative stress in biological systems and its relation with pathophysiological functions: The effect of physical activity on cellular redox homeostasis. *Free Radic. Res.* 2019, 53, 497–521. [Google Scholar] [CrossRef]
10. Liguori, I.; Russo, G.; Curcio, F.; Bulli, G.; Aran, L.; DELLA-Morte, D.; Gargiulo, G.; Testa, G.; Cacciatore, F.; Bonaduce, D.; et al. Oxidative stress, aging, and diseases. *Clin. Interv. Aging* 2018, 13, 757–772. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]
11. Valko, M.; Rhodes, C.J.; Moncol, J.; Izakovic, M.; Mazur, M. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chem. Biol. Interact.* 2006, 160, 1–40. [Google Scholar] [CrossRef]
12. Ruzicic, R.D.; Jakovljevic, V.; Djordjevic, D. Oxidative Stress in Training, Overtraining and Detraining: From Experimental to Applied Research. *Serbian J. Exp. Clin. Res.* 2016, 17, 343–348. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]
13. Davies, K.J.; Quintanilha, A.T.; Brooks, G.A.; Packer, L. Free radicals and tissue damage produced by exercise. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 1982, 107, 1198–1205. [Google Scholar] [CrossRef]
14. Alessio, H.M. Exercise-induced oxidative stress. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1993, 25, 218–224. [Google Scholar] [CrossRef]
15. Radak, Z.; Sasvári, M.; Nyakas, C.; Taylor, A.W.; Ohno, H.; Nakamoto, H.; Goto, S. Regular Training Modulates the Accumulation of Reactive Carbonyl Derivatives in Mitochondrial and Cytosolic Fractions of Rat Skeletal Muscle. *Arch. Biochem. Biophys.* 2000, 383, 114–118. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed] [Green Version]
16. Radak, Z.; Naito, H.; Kaneko, T.; Tahara, S.; Nakamoto, H.; Takahashi, R.; Cardozo-Pelaez, F.; Goto, S. Exercise training decreases DNA damage and increases DNA repair and resistance against oxidative stress of proteins in aged rat skeletal muscle. *Pflügers Arch.* 2002, 445, 273–278. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
17. Radak, Z.; Chung, H.Y.; Koltai, E.; Taylor, A.W.; Goto, S. Exercise, oxidative stress and hormesis. *Ageing Res. Rev.* 2008, 7, 34–42. [Google Scholar] [CrossRef]
18. Oguma, Y.; Sesso, H.D.; Paffenbarger, R.S., Jr.; Lee, I.-M. Physical activity and all cause mortality in women: A review of the evidence. *Br. J. Sports Med.* 2002, 36, 162–172. [Google Scholar] [CrossRef]
19. Crespo, C.J.; Palmieri, M.R.; Perdomo, R.P.; McGee, D.L.; Smit, E.; Sempas, C.T.; Min, I.; Sorlie, P.D. The Relationship of Physical Activity and Body Weight with All-Cause Mortality Results from The Puerto Rico Heart Health Program. *Ann. Epidemiol.* 2002, 12, 543–552. [Google Scholar] [CrossRef]
20. Blair, S.N.; Cheng, Y.; Holder, J.S. Is physical activity or physical fitness more important in defining health benefits? *Med. Sci. Sports Exerc.* 2001, 33, S379–S399. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
21. Thompson WR. WORLDWIDE SURVEY OF FITNESS TRENDS FOR 2020. *ACSM’s Heal Fit J.* 2019;23: 10–18.
22. 2.Mangine GT, Stratton MT, Almeda CG, Roberts MD, Esmat TA, VanDusseldorp TA, et al. Physiological differences between advanced CrossFit athletes, recreational CrossFit participants, and physically-active adults. *PLoS One.* 2020;15: e0223548. pmid:32255792

23. Tibana RA, Sousa NMF de, Prestes J, Feito Y, Ferreira CE, Voltarelli FA. Monitoring Training Load, Well-Being, Heart Rate Variability, and Competitive Performance of a Functional-Fitness Female Athlete: A Case Study. *Sports*. 2019;7: 35. pmid:30744103
24. Tibana RA, Sousa NMF de. Are extreme conditioning programmes effective and safe? A narrative review of high-intensity functional training methods research paradigms and findings. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2018;4: e000435. pmid:30498574
25. Tibana RA, de Almeida LM, Frade de Sousa NM, Nascimento D da C, Neto IV de S, de Almeida JA, et al. Two Consecutive Days of Extreme Conditioning Program Training Affects Pro and Anti-inflammatory Cytokines and Osteoprotegerin without Impairments in Muscle Power. *Front Physiol*. 2016;7: 1–8. pmid:26858649
26. Tibana RA, Sousa NMF de, Prestes J, Nascimento D da C, Ernesto C, Falk Neto JH, et al. Is Perceived Exertion a Useful Indicator of the Metabolic and Cardiovascular Responses to a Metabolic Conditioning Session of Functional Fitness? *Sports*. 2019;7: 161. pmid:31277360
27. Falk Neto JH, Tibana RA, de Sousa NMF, Prestes J, Voltarelli FA, Kennedy MD. Session Rating of Perceived Exertion Is a Superior Method to Monitor Internal Training Loads of Functional Fitness Training Sessions Performed at Different Intensities When Compared to Training Impulse. *Front Physiol*. 2020;11. pmid:32903483
28. Feito Y, Heinrich K, Butcher S, Poston W. High-Intensity Functional Training (HIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. *Sports*. 2018;6: 76. pmid:30087252
29. Cadegiani FA, Kater CE, Gazola M. Clinical and biochemical characteristics of high-intensity functional training (HIFT) and overtraining syndrome: findings from the EROS study (The EROS-HIFT). *J Sports Sci*. 2019;37: 1296–1307. pmid:30786846
30. Posnakidis G, Aphamis G, Giannaki CD, Mougios V, Aristotelous P, Samoutis G, et al. High-Intensity Functional Training Improves Cardiorespiratory Fitness and Neuromuscular Performance Without Inflammation or Muscle Damage. *J Strength Cond Res*. 2020; Publish Ah. pmid:32108722
31. Meyer J, Morrison J, Zuniga J. The Benefits and Risks of CrossFit: A Systematic Review. *Workplace Health Saf*. 2017;65: 612–618. pmid:28363035
32. Weisenthal BM, Beck CA, Maloney MD, DeHaven KE, Giordano BD. Injury rate and patterns among crossfit athletes. *Orthop J Sport Med*. 2014. pmid:26535325
33. Poderoso R, Cirilo-Sousa M, Júnior A, Novaes J, Vianna J, Dias M, et al. Gender Differences in Chronic Hormonal and Immunological Responses to CrossFit®. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16. pmid:31330935
34. Kliszczewicz B, Quindry CJ, Blessing LD, Oliver DG, Esco RM, Taylor JK. Acute Exercise and Oxidative Stress: CrossFit(TM) vs. Treadmill Bout. *J Hum Kinet*. 2015;47: 81–90. pmid:26557192
35. Maté-Muñoz JL, Lougedo JH, Barba M, Cañuelo-Márquez AM, Guodemar-Pérez J, García-Fernández P, et al. Cardiometabolic and Muscular Fatigue Responses to Different CrossFit® Workouts. *J Sports Sci Med*. 2018;17: 668–679.
36. Glassman G. Level 1 training guide. *CrossFit J*. 2016; 1–258.
37. Heavens KR, Szivak TK, Hooper DR, Dunn-Lewis C, Comstock BA, Flanagan SD, et al. The effects of high intensity short rest resistance exercise on muscle damage markers in men and women. *J strength Cond Res*. 2014;28: 1041–9. pmid:24662155
38. Feito, Y., Heinrich, K. M., Butcher, S. J., & Poston, W. S. C. (2018). High-Intensity Functional Training (HIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. *Sports*, 6(3), 76.
39. Radak, Z., Chung, H. Y., & Goto, S. (2008). Systemic adaptation to oxidative challenge induced by regular exercise. *Free Radical Biology and Medicine*, 44(2), 153–159.
40. Paoli, A., Bianco, A., Notarantonio, M., et al. (2012). Effects of High-Intensity Circuit Training on Fat Mass, Fat-Free Mass and Blood Lactate and Hormonal Responses to an Exercise Bout in Trained Men. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 52(5), 546–552.
41. Gomez-Cabrera, M. C., Domenech, E., & Viña, J. (2008). Moderate exercise is an antioxidant: Upregulation of antioxidant genes by training. *Free Radical Biology and Medicine*, 44(2), 126–131.
42. Murawska-Ciałowicz, E., Wojna, J., & Zuwała-Jagiello, J. (2015). CrossFit training changes brain-derived neurotrophic factor and irisin levels at rest, myokine response to acute exercise, and body composition in young physically active men. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 66(6), 811–821.
43. Tanskanen, M. M., Kyröläinen, H., Uusitalo, A. L. T. (2019). Altered endocrine and autonomic nervous system responses during and after chronic overreaching in physically active men. *International Journal of Sports Medicine*, 40(5), 323–332.

44. Martínez-Tellez, B., Sánchez-Delgado, G., López-Tinoco, C., et al. (2020). A High-Intensity Circuit Training Program Improves Cardiorespiratory Fitness, Body Composition, and Insulin Sensitivity in Adolescents With Overweight and Obesity. *Pediatric Exercise Science*, 32(1), 44–52.
45. Powers, S. K., Nelson, W. B., & Hudson, M. B. (2011). Exercise-induced oxidative stress in humans: Cause and consequences. *Free Radical Biology and Medicine*, 51(5), 942–950.

Original Article

The effect of High-Intensity Functional Training on oxidative stress and antioxidant markers in active men

Received: 11/04/2025 - Accepted: 03/06/2025

Shayan Porhonar¹
Hassan Abdi^{2*}

¹ Master of Sports Psychology, La.C.,
Islamic Azad University, Lahijan, Iran.

² Department of Physical Education
and Sport Sciences Sha.C., Islamic
Azad University, Shahrood, Iran
(Corresponding Author)

Email: habdi1978@gmail.com

Abstract

Introduction: Although high-intensity physical activities can lead to an increase in the production of free radicals and consequently elevate oxidative stress, regular exercise is capable of enhancing the body's antioxidant defense system and mitigating its adverse effects. The aim of this study was to investigate the effect of High-Intensity Functional Training (HIFT) on oxidative stress and antioxidant markers in active men.

Methods: This semi-experimental study was conducted using a pretest-posttest design with experimental and control groups. The statistical population included physically active men who were members of sports clubs in Lahijan city. From the volunteers, 24 individuals (13 in the experimental group and 11 in the control group) were randomly assigned to the two groups based on inclusion and exclusion criteria. Blood samples were collected from the antecubital vein at baseline and after eight weeks of training to assess serum levels of MDA, SOD, GPX, and CAT. The HIFT program consisted of combined resistance and aerobic exercises performed three sessions per week for eight weeks. Data analysis was conducted using analysis of variance (ANOVA) via SPSS version 27.

Results: The findings revealed that after controlling for pretest scores, there were significant differences between the posttest scores of the two groups in SOD, CAT, GPX, and MDA levels, such that the experimental group showed significantly improved levels compared to the control group ($P < 0.001$).

Conclusion: Based on the findings of this study, HIFT improves oxidative status in active men by increasing antioxidant enzyme activity and reducing oxidative stress markers.

Keywords: HIFT, Oxidative Stress, Free Radicals, Antioxidants, Active Men