

مقاله پژوهشی

تأثیر دو نوع تمرین تناوبی با شدت بالا به مدت هشت هفته بر ترکیب بدنی و عوامل هورمونی رشدی پسران نوجوان دارای اضافه وزن

جواد وکیلی^۱، وحید ساری صراف^۱،* توحید خانواری^۱

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: چاقی وضعیتی بالینی است که سیستم هورمونی مرتبط با رشد را مخصوصاً در نوجوانان تحت تأثیر قرار می‌دهد. شاید تمرینات تناوبی با شدت بالا بتواند این آثار مخرب را کاهش دهد.

مواد و روش‌ها: به همین منظور در یک طرح تحقیقی نیمه‌تجربی از میان پسران نوجوان (سن: ۱۸-۱۳ سال، میانگین قد: 154 ± 8 سانتی‌متر، شاخص توده بدن: 27.05 ± 1.4 کیلوگرم بر مترمربع)، سی نفر به صورت داوطلبانه انتخاب و در سه گروه تمرین تناوبی کوتاه‌مدت، طولانی‌مدت و گروه کنترل قرار گرفتند. گروه تمرین کوتاه‌مدت نه وهله سی ثانیه‌ای با ۱۵۰ ثانیه استراحت بین وهله‌ها و گروه تمرین بلندمدت چهار وهله ۱۵۰ ثانیه‌ای با ۲۴۰ ثانیه استراحت بین وهله‌ها را سه جلسه در هفته به مدت هشت هفته انجام دادند. ترکیب بدنی و نمونه‌های خونی ۴۸ ساعت قبل و بعد از پروتکل تمرینی برای اندازه‌گیری شاخص‌های مد نظر اخذ شد. تغییرات هر یک از شاخص‌ها با آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر 2×2 و در سطح معناداری ($P < 0.05$) بررسی شد.

ملاحظات اخلاقی: این مطالعه دارای کد اخلاق به شماره IR.TABRIZUREC.۲۱.۱۳۹۸ از دانشگاه تبریز است.

یافته‌ها: پس از هشت هفته تمرین، هورمون رشد در هر دو گروه تمرینی افزایش و دور ران، دور بازو و درصد چربی کاهش پیدا کرد ($P < 0.05$)، اما هیچ تغییری در عامل رشد شبه انسولینی، شاخص توده بدنی و وزن آزمودنی‌ها مشاهده نشد ($P > 0.05$).

نتیجه‌گیری: تمرینات کوتاه و بلندمدت تناوبی با شدت بالا پتانسیل بالقوه‌ای برای بهبود وضعیت هورمون رشد و ترکیب بدنی نوجوانان دارای اضافه وزن دارد.

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۲۸ اردیبهشت ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش: ۱۸ شهریور ۱۳۹۹

تاریخ انتشار: ۱۲ فروردین ۱۴۰۰

کلیدواژه‌ها:

تمرینات تناوبی با شدت بالا، اضافه وزن، عامل رشد شبه انسولینی، هورمون رشد

مقدمه

چاقی یکی از مهم‌ترین چالش‌های بهداشت عمومی قرن ۲۱ است [۱] که شیوع آن در کشورهای غربی به حد اپیدمی رسیده است [۲]. سازمان بهداشت جهانی گزارش داده است که در سال ۲۰۱۵ حداقل ۲/۸ میلیارد نفر به علت اضافه وزن یا چاقی جان خود را از دست داده‌اند [۳].

از طرفی، چاقی به عنوان یک سندرم نقش مهمی در پیشرفت سایر بیماری‌های متابولیکی، مخصوصاً در نوجوانان دارد و با کاهش ترشح GH [۴] و همچنین سطوح سرمی IGF-۱ همراه است. در این دوران (۱۸-۱۳ سالگی)، هورمون‌های مختلفی بر تنظیم رشد و نمو نقش دارند که مهم‌ترین آن‌ها هورمون‌های مترشحه از محور GH/IGF-۱ است [۵].

هورمون رشد^۱ پلی‌پپتیدی با وزن مولکولی ۲۲ هزار کیلو دالتون که از غده هیپوفیز ترشح شده [۶] و در دوران کودکی و نوجوانی مسئول تحریک رشد استخوان‌های بلند، عضلات، تاندون‌ها و تنظیم‌کننده اصلی نهایی قد به حساب می‌آید [۷]. اثرات هورمون رشد از طریق سوماتومدین^۲ یا عوامل رشد شبه انسولینی^۳ اعمال می‌شود که افزایش این عامل رشد سیستمی بدن را تحریک و تقریباً باعث بهبود رشد در تمامی سلول‌های بدن، به‌ویژه عضلات اسکلتی، مفاصل، استخوان‌ها، کلیه، کبد، سلول‌های عصبی، سلول‌های خونی و ریه می‌شوند [۸].

1. Growth Hormone (GH)
2. Somatomedins
3. Insulin-like Growth Factors (IGFs)

* نویسنده مسئول:

توحید خانواری

نشانی: تبریز، دانشگاه تبریز، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی.

تلفن: ۴۲۲۲۵۱۹۱ (۴۱) ۹۸+

پست الکترونیکی: milad_felps@yahoo.com



با نود ثانیه استراحت غیرفعال از یکدیگر جدا می‌شدند) نتوانست GH را در مردان جوان افزایش دهد، ولی میزان IGF-1 را به طور معناداری افزایش داد [۲۱].

از این رو، تأثیر انواع مختلفی از تمرینات تناوبی با شدت بالا بر محور GH/IGF-1، مخصوصاً در نوجوانان دارای اضافه وزن به روشنی مشخص نشده است. از آنجا که بررسی راه‌هایی که بتوان از طریق آن‌ها عوارض ناشی از وزن بالا در نوجوانان دارای اضافه وزن را بهبود داد، یک ضرورت به شمار می‌رود، هدف از انجام این مطالعه، مقایسه تأثیر دو نوع تمرین تناوبی با شدت بالا به مدت هشت هفته بر ترکیب بدنی و سطوح استراحتی برخی عوامل آنابولیک در پسران نوجوان دارای اضافه وزن است.

مواد و روش‌ها

روش تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون پس‌آزمون و گروه کنترل بود. در ابتدا طرح تحقیقی برای کارشناسان اداره بهداشت و همچنین اداره تربیت بدنی و مدیران مدارس شهرستان مرنده تشریح شد و پس از کسب موافقت ایشان، فراخوان شرکت در طرح رایگان توسط خبرگزاری‌های شهرستان و همچنین از طریق فضای مجازی صورت گرفت.

پس از مراجعه داوطلبین، ارزیابی‌های اولیه شامل قد، وزن، درصد چربی، دور کمر، دور باسن و دیگر شاخص‌های آنثروپومتریک صورت گرفت و از بین افراد واجد شرایطی که برای حضور در طرح پژوهشی حاضر اعلام آمادگی کردند، تعداد سی نفر به عنوان نمونه انتخاب شدند.

شاخص‌های ورود به تحقیق شامل سن (۱۳ تا ۱۸ سال)، داشتن نمایه توده بدنی بالای ۲۴/۹، عدم داشتن بیماری‌های مزمن (بیماری‌های قلبی عروقی، فشار خون نامتعرف)، عدم داشتن جراحی در یک سال اخیر، عدم مصرف داروهای کاهنده وزن در یک سال گذشته، عدم کاهش وزن (بیشتر از ۱۰ درصد وزن بدن در سال گذشته)، نداشتن سابقه حضور منظم در فعالیت ورزشی در یک سال گذشته و نداشتن محدودیت پزشکی برای مشارکت در فعالیت بود.

پس از تکمیل فرم رضایت آگاهانه توسط نوجوانان و والدین آنها، آزمودنی‌ها تحت معاینات پزشکی قرار گرفتند و پس از اندازه‌گیری ترکیب بدنی (قد، وزن، نمایه توده بدنی، درصد چربی و دور کمر) و شاخص‌های خونی، افراد در سه گروه ده نفره تمرین تناوبی کوتاه‌مدت، تمرین تناوبی بلندمدت و گروه کنترل قرار گرفتند.

نتایج مربوط به یکی از آزمودنی‌های گروه تمرین کوتاه‌مدت به علت شناخته شدن به دیابت نوع ۲ لحاظ نشد. حجم نمونه مطالعه حاضر با معادلات برآورد حجم نمونه سازگاری دارد [۲۲]. از آنجا که در این دوره سنی، تغییرات هورمونی و همچنین ترکیب بدن تحت تأثیر بالیدگی است، تقسیم‌بندی گروه‌ها با

چاقی با کاهش GH و IGF-1 اثرات مفید این دو هورمون توسعه‌دهنده رشد را به مخاطره می‌اندازد [۹]. در سالیان گذشته روش‌ها و شیوه‌های بسیار متنوعی برای کاهش چاقی مطرح شده است، اما ورزش و انجام تمرینات ورزشی منظم یکی از بنیادی‌ترین روش‌های مقابله با چاقی است [۱۰].

علی‌رغم محرز شدن مزایای تمرینات ورزشی، بسیاری از افراد دارای اضافه وزن و چاق، به دلایل مختلفی، از جمله نداشتن وقت کافی در تمرینات ورزشی شرکت نمی‌کنند [۱۱]. تمرینات تناوبی با شدت بالا نوعی تمرین شدید است که در آن وهله‌های فعالیت شدید با ریکاوری فعال یا غیرفعال از هم جدا می‌شوند [۱۲].

این تمرینات اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات را در عضله اسکلتی افزایش داده [۱۳] و محرک مناسبی برای کاهش وزن در مقایسه با تمرینات هوازی است [۱۴]. از طرفی فعالیت شدید (بالتر از ۸۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی) باعث افزایش قابل توجه در هورمون‌های گردش خون می‌شود و از آنجا که تمرینات تناوبی با شدت بالا معمولاً در دامنه‌ای بالاتر از این میزان انجام می‌شود، انتظار می‌رود این نوع تمرینات بتوانند تغییراتی در وضعیت هورمونی ایجاد کنند [۱۵، ۱۶].

تمرینات با شدت بالا معمولاً به افزایش بیشتری در غلظت GH بعد از ورزش منجر می‌شود [۱۶، ۱۷]. عبدالرحمان و همکاران گزارش کردند که هفت هفته تمرین تناوبی با شدت بالا (دو ست فعالیت شامل ۱۰-۸ وهله فعالیت سی ثانیه‌ای با ۱۰۰ درصد حداکثر سرعت با پنج دقیقه استراحت فعال با شدت ۵۰ درصد حداکثر سرعت) توانست میزان GH را افزایش دهد [۱۸].

همچنین نتایج مطالعات استکوس و همکاران نشان داد مدت وهله فعالیت ورزشی بر میزان افزایش GH تأثیر گذار است. در مطالعه آنها یک وهله تمرین تناوبی با شدت بالای سی ثانیه‌ای نسبت به تمرین تناوبی با شدت بالای شش ثانیه‌ای GH سرم را بیشتر افزایش داد محققان علت این تفاوت را بالا بودن میزان کار انجام شده در فعالیت سی ثانیه‌ای ذکر کرده‌اند، زیرا میزان کار در شش ثانیه اول در هر دو پروتکل دقیقاً مشابه بود [۱۷]. اما برخلاف نتایج مطالعات قبلی ساساکی و همکاران بیان کردند که چهار هفته تمرین تناوبی با شدت بالا بر میزان GH تأثیری ندارد [۱۹].

همچنین سوری و همکاران در مطالعه روی مردان دارای اضافه وزن بیان کردند شانزده هفته تمرین تناوبی با شدت بالا (۱۰-۸ دوره چهار دقیقه‌ای دویدن با شدت ۸۰-۹۰ درصد ضربان قلب ذخیره، با فواصل استراحت فعال به مدت دو دقیقه شامل دویدن با شدت ۵۰-۴۰ درصد ضربان قلب ذخیره) نتوانست بر میزان GH این افراد مؤثر باشد [۲۰].

در یکی دیگر از مطالعات، حجازی بیان کرد که تمرین تناوبی با شدت بالای کوتاه‌مدت (هشت وهله سی ثانیه‌ای با تمام تلاش که

4. High Intensity Interval Training

خونی به مدت پانزده دقیقه محیط آزمایشگاه با ۲۵-۲۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از آن، سرم نمونه‌ها توسط دستگاه سانتریفیوژ و با سرعت پنج هزار دور در دقیقه به مدت ده دقیقه جدا و برای انجام مراحل بعدی در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد قرار داده شد.

روش‌های اندازه‌گیری شاخص‌های آنترپومتریکی

درصد چربی با استفاده از دستگاه بادی کامپوزیشن ساخت شرکت Inbody 270 با مدل Gs6.7 از کشور چین (با حداقل لباس، پس از تخلیه مثانه و روده و به صورت ناشتا)، سن بر اساس مقیاس تانر، وزن با استفاده از ترازوی دیجیتال ساخت شرکت یانگامی ژاپن با دقت ۰/۱ کیلوگرم، قد با استفاده از دستگاه قدسنج سکا^۲ ساخت آلمان به صورتی که در آن پاشنه‌ها، پشت و همچنین سر آزمودنی‌ها به دیواره دستگاه چسبیده بود، بر حسب سانتی‌متر و با دقت ۰/۵ سانتی‌متر و در نهایت VO_2max از طریق آزمون شاتل ران اندازه‌گیری شد.

بدین منظور ابتدا آزمودنی‌ها به ابتدای خط بیست متر فراخوانده شده و سپس با شنیدن اولین آهنگی که از دستگاه الکترونیک شاتل ران نواخته شد، شروع به دویدن به انتهای خط بیست متر کردند. آن‌ها هم‌زمان با نواخته شدن آهنگ به انتهای بیست متر رسیده و دوباره به نقطه شروع بازگشتند.

در دقیقه اول آزمون، این رفت و برگشت‌ها با سرعت هشت کیلومتر بر ساعت و در دقیقه دوم با سرعت نه کیلومتر بر ساعت اجرا شد، اما از دقیقه سوم به بعد در هر دقیقه ۰/۵ کیلومتر بر ساعت بر سرعت دویدن افزوده شد و تا زمانی ادامه یافت که آزمودنی‌ها دیگر نتوانستند خود را هم‌زمان با نواخته شدن آهنگ به فاصله سه متری خطوط نشان‌برسانند و زمانی که این اتفاق دوبار متوالی رخ داد، آزمون پایان یافته تلقی شد.

همچنین، آزمودنی‌ها یک هفته قبل از شروع پروتکل با تکمیل پرسش‌نامه فعالیت بدنی و پرسش‌نامه یادداشت غذایی (دو روز غیرمتوالی و یک روز تعطیل) به روند همسان‌سازی داده‌ها کمک کردند. از آزمودنی‌ها خواسته شد تا روند تغذیه و فعالیت بدنی را تا انتهای مطالعه بدون تغییر ادامه دهند.

در هفته‌های چهارم، هشتم، نهم و دهم پرسش‌نامه فعالیت بدنی و پرسش‌نامه یادداشت غذایی (دو روز غیرمتوالی و یک روز تعطیل) دوباره تکمیل شد.

روش اندازه‌گیری شاخص‌های خونی

به دلیل انجام فعالیت با شدت بالا و احتمال تغییرات حجم پلاسما، پس از اندازه‌گیری شاخص‌های خونی، برای محاسبه تغییرات حجم پلاسما و ضریب اصلاح‌شده مقادیر، از معادله

استفاده از مقیاس تعیین مراحل بلوغ تانر^۵ و توسط متخصص رشد کودکان و نوجوانان انجام گرفت تا اثر بلوغ بر متغیرهای وابسته به حداقل برسد.

قرارداد ورزشی تمرین تناوبی شدید

همه آزمودنی‌ها با هدف آشناسازی و افزایش آمادگی اولیه در یک برنامه تمرین تداومی هوازی با شدت ۶۰-۶۵ درصد ضربان قلب ذخیره به مدت سی دقیقه، سه جلسه در هفته به مدت دو هفته شرکت کردند.

سپس گروه تمرین کوتاه‌مدت و بلندمدت به مدت هشت هفته در یک پروتکل ورزشی که در جدول شماره ۱ آورده شده است، شرکت کردند. تمامی آزمودنی‌ها در یک زمان مشخص توسط یک مربی تحت تمرین قرار گرفتند. از آنجا که این نوع تمرینات دامنه وسیعی را شامل می‌شوند، این پروتکل تمرینی بر اساس مطالعات قبلی صورت گرفته روی کودکان و نوجوانان طراحی شده است [۲۲].

هر جلسه برنامه تمرینی با ده الی پانزده دقیقه گرم کردن (دویدن آرام همراه با حرکات کششی و نرمشی) آغاز و با پنج الی شش دقیقه سرد کردن در انتهای جلسه خاتمه پیدا کرد. گروه کنترل نیز طی هشت هفته زندگی عادی خود را ادامه داد. ۴۸ ساعت قبل از اولین جلسه تمرینی و مجدداً ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین تناوبی با شدت بالا، مقادیر مربوط به ترکیب بدنی، آمادگی جسمانی و همچنین نمونه‌های خونی در هر سه گروه اندازه‌گیری شد.

رژیم غذایی روزانه آزمودنی‌ها قبل از شروع مطالعه و در هفته‌های چهارم و هشتم با استفاده از پرسش‌نامه یادداشت تغذیه‌ای سه روزه کنترل شد. همه آزمودنی‌ها هنگام تمرینات بدنی هیچ محدودیتی در رابطه با دسترسی و نوشیدن آب نداشتند.

یافته‌ها

تمام آزمودنی‌ها یک روز قبل و یک روز پس از اولین جلسه تمرینی برای جمع‌آوری نمونه‌های خون ساعت ۱۰-۸ صبح (دوازده ساعت ناشتایی و هشت ساعت خواب شبانه‌گاهی) در آزمایشگاه حاضر شدند.

از همه آزمودنی‌ها خواسته شد تا دو روز قبل از اجرای آزمون از انجام هرگونه فعالیت ورزشی سنگین پرهیز کنند. نمونه‌های خونی به میزان ده میلی‌لیتر از ورید پیش‌آرنجی^۶ دست چپ افراد گرفته شد. پنج میلی‌لیتر نمونه خون جهت جداسازی سرم در لوله آزمایش مخصوص ریخته شد. برای تشکیل لخته، نمونه‌های

5. Tanner Stages of Puberty

6. Antecubital Vein

7. Seca

جدول ۱. پروتکل ورزشی تدوین شده در پژوهش جاری

گروه تمرینی	پارامتر	هفته اول و دوم	هفته سوم و چهارم	پنجم تا هشتم
کوتاهمدت	تعداد وهله‌ها	۶	۹	۱۲
	مدت کار (ثانیه)	۴۵	۳۰	۳۰
	مدت استراحت (ثانیه)	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰
	نوع استراحت	غیرفعال	غیرفعال	غیر فعال
	شدت کار	۱۰۰-۱۱۰ درصد حداکثر سرعت	۱۰۰-۱۱۰ درصد حداکثر سرعت	۱۰۰-۱۱۰ درصد حداکثر سرعت
	مدت تمرین (دقیقه)	۱۷	۲۴/۵	۳۳/۵
بلندمدت	تعداد وهله‌ها	۳	۴	۶
	مدت کار (ثانیه)	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰
	مدت استراحت (ثانیه)	۲۷۰	۲۴۰	۲۱۰
	شدت کار	۹۰-۹۵ درصد حداکثر سرعت	۹۰-۹۵ درصد حداکثر سرعت	۹۰-۹۵ درصد حداکثر سرعت
	نوع استراحت	شدت ۴۵ درصد حداکثر سرعت	شدت ۴۵ درصد حداکثر سرعت	شدت ۴۵ درصد حداکثر سرعت
	مدت تمرین (دقیقه)	۱۶/۵	۲۶	۳۶



مورد مطالعه تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند.

نتایج تحلیل واریانس در اندازه‌های مکرر نیز نشان داد که تمرین کوتاه و بلندمدت تمرین تناوبی با شدت بالا به مدت هشت هفته توانست اثرات بهینه و معناداری بر درصد چربی، دور ران و دور بازو بگذارد، در حالی که این نوع تمرینات نتوانست تغییری در وضعیت شاخص توده بدنی، وزن، دور کمر و دور باسن بگذارد.

برای مشخص شدن مقایسه‌ها و تفاوت‌های بین میانگین‌های سه گروه با استفاده از آزمون تعقیبی بونفرونی مشخص شد که بین میانگین درصد چربی گروه تمرینات کوتاه‌مدت و گروه کنترل تفاوت معناداری وجود دارد ($P=0/022$)، در حالی که تمرینات بلندمدت نتوانسته است درصد چربی نوجوانان دارای اضافه وزن را کاهش دهد ($P=0/166$).

همچنین نتایج حاکی است که هم تمرینات کوتاه ($P=0/023$) و هم تمرینات بلندمدت تمرین تناوبی با شدت بالا ($P=0/016$) به مدت هشت هفته دور بازوی نوجوانان دارای اضافه وزن را کاهش داده است.

در نهایت استفاده از آزمون تعقیبی بونفرونی مشخص کرد که بین دور ران گروه تمرینات کوتاه‌مدت و گروه کنترل تفاوت معناداری وجود دارد ($P=0/019$)، در حالی که هیچ تفاوتی بین میانگین دور ران گروه تمرینات بلندمدت و گروه کنترل وجود ندارد ($P=0/067$).

همچنین نتایج نشان داد هشت هفته تمرین کوتاه و بلندمدت تمرین تناوبی با شدت بالا می‌تواند میزان هورمون رشد سرمی

دیل و کاستیل^۸ استفاده شد. برای اندازه‌گیری GH از روش الایزا و کیت ساخت شرکت dbc کشور کانادا با حساسیت بیست پیکوگرم در میلی‌لیتر استفاده شد. برای اندازه‌گیری عامل شبه انسولینی از روش الایزا و کیت ساخت شرکت Specteria کشور فنلاند با حساسیت ۱۵/۳۵ پیکوگرم در میلی‌لیتر استفاده شد.

درصد ضریب تغییرات درون آزمونی در مورد همه آزمون‌های الایزا کمتر از ۸/۵ درصد بود. در نهایت وضعیت توزیع و همگنی داده‌ها (میانگین و انحراف استاندارد) به ترتیب با استفاده از آزمون‌های شاپیرو ویلک و تحلیل واریانس یک‌راهه بررسی و سپس تغییرات هر یک از شاخص‌ها با آزمون‌های تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر ۲×۲ و در صورت معنادار بودن، با آزمون پس‌تعقیبی بونفرونی بررسی شد. همه عملیات‌ها و تحلیل‌های آماری در سطح معناداری پنج‌صدم با استفاده از نرم‌افزار SPSS/PASW تحت ویندوز نسخه ۲۲ انجام شد.

میانگین و انحراف استاندارد برای شاخص‌های سن، قد و مقادیر اجزای ترکیب بدنی شامل وزن، شاخص توده بدنی، درصد چربی، دور کمر، دور باسن، دور بازو، دور ران و VO_2max و همچنین مقادیر هورمونی شامل GH و IGF-1 با توجه به گروه‌بندی داده‌ها قبل و بعد از آزمایش در **جدول شماره ۲** آورده شده است.

پس از بررسی مقادیر پیش آزمون توسط آزمون شاپیرو ویلک مشخص شد که آزمودنی‌های سه گروه در هیچ‌یک از شاخص‌های

جدول شماره ۲. مقادیر اجزای ترکیب بدنی و هورمونی قبل از شروع آزمایش در گروه‌های مختلف

سطح معناداری آزمون شاپیرو ویلک	میانگین \pm انحراف استاندارد			شاخص / گروه‌ها
	کنترل	HIIT بلندمدت	HIIT کوتاه مدت	
-	۱۴/۳۳ \pm ۱/۵۸	۱۴/۸۸ \pm ۱/۲۶	۱۴/۳۳ \pm ۱/۶۵	سن (سال)
-	۱۵۶/۲۳ \pm ۱۰	۱۵۶/۱۲ \pm ۸	۱۵۱/۹۸ \pm ۹	قد (cm)
۰/۳۲۹	۶۷/۷۴ \pm ۴/۳۶۷	۶۵/۶۶ \pm ۴/۹۰	۶۰/۴۷ \pm ۳/۲۶	پیش آزمون
	۶۷/۲۰۰ \pm ۵/۱۷	۶۴/۸۰ \pm ۳/۸۸	۵۸/۸۴ \pm ۴/۲۱	پس آزمون
۰/۰۹۶	۲۷/۳۰ \pm ۲/۷۴	۲۷/۵۵ \pm ۲/۰۶	۲۶/۵۸ \pm ۲/۲۲	پیش آزمون
	۲۷/۱۲ \pm ۲/۳۶	۲۵/۲۲ \pm ۲/۰۰	۲۴/۳۶ \pm ۱/۵۴	پس آزمون
۰/۹۱۲	۲۷/۳۰ \pm ۲/۱۸	۲۶/۷۲ \pm ۱/۳۹	۲۷/۱۴ \pm ۱/۲۱	پیش آزمون
	۲۶/۶۰ \pm ۱/۳۱	۲۶/۳۸ \pm ۱/۰۳	۲۶/۳۵ \pm ۱/۵۳	پس آزمون
۰/۸۵۲	۱/۰۴۳	۱/۰۲۹	۱/۰۲۶	پیش آزمون
	۱/۰۴۹	۱/۰۲۹	۱/۰۰۳	پس آزمون
۰/۰۷۵	۵۶/۸۸ \pm ۱۱/۰۳	۴۷/۳۳ \pm ۴/۰۰	۴۷/۸۸ \pm ۵/۵۷*	پیش آزمون
	۵۳/۵۵ \pm ۵/۸۹	۴۷/۳۳ \pm ۴/۸۷	۴۵/۹۴ \pm ۵/۳۸	پس آزمون
۰/۰۹۷	۲۹/۸۱ \pm ۳/۵۵	۲۸/۸۸ \pm ۳/۰۱*	۲۷/۷۷ \pm ۱/۸۵*	پیش آزمون
	۳۱/۴۴ \pm ۳/۲۴	۲۵/۷۹ \pm ۲/۷۵	۲۵/۳۴ \pm ۲/۳۴	پس آزمون
۰/۹۸۶	۳۱/۶۵ \pm ۲/۳۹	۳۲/۷۲ \pm ۱/۵۱*	۳۳/۰۸ \pm ۱/۸۵*	پیش آزمون
	۳۲/۰۸ \pm ۲/۱۷	۳۶/۷۰ \pm ۱/۹۹	۳۸/۳۰ \pm ۱/۵۱	پس آزمون
۰/۶۳۸	۰/۲۸ \pm ۰/۰۵	۰/۲۶ \pm ۰/۰۳	۰/۳۰ \pm ۰/۰۳	پیش آزمون
	۰/۲۸ \pm ۰/۰۴	۰/۳۴ \pm ۰/۰۴*	۰/۳۵ \pm ۰/۰۴*	پس آزمون
۰/۰۸۱	۱۶۸/۴۴ \pm ۱۰/۴۲	۱۵۹/۲۲ \pm ۱۰/۰۵	۱۶۵/۶۶ \pm ۱۳/۰۷	پیش آزمون
	۱۶۸/۵۵ \pm ۹/۵۹	۱۶۴/۸۸ \pm ۷/۵۹	۱۷۴/۵۵ \pm ۸/۶۴	پس آزمون



* نشان دهنده تغییرات درون گروهی.

نوجوانان دارای اضافه وزن را افزایش داد. همسو با تحقیق حاضر، استارکوف و همکاران بیان کردند تمرین تناوبی با شدت بالا (ده وهله دو دقیقه‌ای با شدت ۹۰ تا ۹۵ درصد که با استراحت فعال یک دقیقه‌ای همراه بود (در مجموع سی دقیقه) بیش از دو بار در هفته و به مدت شش هفته) در کودکان چاق نتوانست تغییری در وضعیت وزنی، درصد چربی و نسبت دور کمر به باسن ایجاد کند، اما نتوانست VO_{2max} آن‌ها را افزایش دهد [۲۴].

از آنجا که مقادیر VO_{2max} نوجوانان در مطالعه حاضر کمتر از مقادیر نرم در رده سنی ۱۲ تا ۱۸ ساله پسران $(۴۷/۳ \pm ۰/۶)$ میلی لیتر بر کیلوگرم در دقیقه) و دختران $(۳۹/۶ \pm ۰/۴)$ میلی لیتر بر کیلوگرم در دقیقه) است [۲۵]، افزایش مشاهده شده در این

را در نوجوانان دارای اضافه وزن کاهش دهد $(P=۰/۰۰۶)$. نتایج آزمون بونفرونی نشان داد که هیچ تفاوتی بین دو نوع تمرین کوتاه و بلندمدت تمرین تناوبی با شدت بالا در افزایش میزان GH وجود ندارد. همچنین مشخص شد تمرینات کوتاه و بلندمدت تناوبی با شدت بالا نتوانست تغییری در میزان IGF-1 نوجوانان دارای اضافه وزن ایجاد کند $(P=۰/۰۸۱)$.

بحث

مطالعه حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین تناوبی با شدت بالا نتوانست تأثیری بر وزن، BMR، دور کمر و دور باسن بگذارد، در حالی که درصد چربی، دور ران و دور بازو را کاهش و VO_{2max}



مطالعه می‌تواند مزایای سلامت بی‌شماری به ارمغان بیاورد.

درصد حداکثر اکسیژن مصرفی) در نوجوانان چاق بیان کردند که این نوع تمرینات وزن، شاخص توده بدنی و درصد چربی را کاهش می‌دهد [۲۹].

در مطالعه دیگری، دی آراخو و همکاران بیان کردند تمرین تناوبی با شدت بالای کوتاهمدت (سه تا شش ست یک دقیقه‌ای روی چرخ کارسنج با ۱۰۰ درصد سرعت اوج، سه دقیقه ریکاوری فعال با ۵۰ درصد سرعت اوج، سه روز در هفته به مدت دوازده هفته)، روی نوجوانان چاق، توانست هم اکسیژن مصرفی اوج مطلق و هم نسبی را افزایش داده و باعث کاهش شاخص توده بدنی و بهبود سایر شاخص‌های ترکیب بدنی شود [۳۰].

کونگ و همکاران نیز در مطالعه‌ای که روی دختران جوان انجام دادند، بیان کردند پنج هفته تمرینات تناوبی با شدت بالای کوتاهمدت (بیست دقیقه فعالیت شامل هشت ثانیه کار که با دوازده ثانیه استراحت از هم جدا می‌شود. در این پروتکل، ده کیلو وزنه در ابتدا روی چرخ کارسنج گذاشته می‌شود که در هر مرحله ۰/۵ کیلوگرم به آن اضافه می‌شود)، توانست اکسیژن مصرفی اوج را افزایش و وزن، توده چربی و درصد چربی بدن را کاهش دهد [۳۱].

در تحقیق ژانگ و همکاران، دوازده هفته تمرین تناوبی با شدت بالای بلندمدت (چهار تلاش چهار دقیقه‌ای با ۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه همراه با ده دقیقه استراحت شامل سه دقیقه استراحت فعال پیاده‌روی با ۵۰ الی ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه و هفت دقیقه استراحت بین وهله‌ها) توانست چربی کل بدن را کاهش دهد [۳۲].

از سوی دیگر، قلی‌زاده و همکاران، تفاوت تأثیر دو نوع تمرین تناوبی با شدت بالا بر وزن و درصد چربی را در افراد غیرفعال بررسی کردند. نتایج نشان داد تمرین تناوبی با شدت بالای بلندمدت (چهار وهله یک دقیقه‌ای با تمام شدت که با چهار دقیقه استراحت غیرفعال همراه است) نسبت به تمرین تناوبی با شدت بالای کوتاهمدت (چهار وهله سی ثانیه‌ای با تمام شدت و دو دقیقه استراحت غیرفعال) در کاهش وزن و درصد چربی مؤثرتر عمل کرد [۳۳].

در مطالعه‌ای دیگر، تانگ و همکاران با بررسی اثر دوازده هفته تمرین تناوبی با شدت بالای بلندمدت (سه تا چهار روز در هفته، تکرار وهله‌های چهار دقیقه‌ای با ۹۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی که با استراحت‌های سه دقیقه‌ای همراه بود) در زنان جوان چاق نشان دادند، چربی زیرجلدی، شکمی، توده بدنی، چربی کل بدن کاهش و VO_2max آزمودنی‌ها افزایش یافت [۳۴].

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که هر دو نوع تمرین تناوبی با شدت بالا توانستند GH نوجوانان دارای اضافه وزن را افزایش دهند. همچنین مشخص شد بین این دو نوع تمرین تفاوت معناداری وجود ندارد. در واقع تمرین کوتاه و بلندمدت تناوبی با شدت بالا به یک اندازه در افزایش GH نوجوانان دارای اضافه وزن

در مطالعه‌ای دیگر، مورفی و همکاران نیز بیان کردند چهار هفته تمرین تناوبی با شدت بالا (ده تکرار با ۸۰ تا ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه که با دو دقیقه ریکاوری فعال با ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه از هم جدا می‌شوند، سه جلسه در هفته)، توانست حداکثر اکسیژن مصرفی مطلق و نسبی را افزایش دهد، اما نتوانست تغییری در وزن یا درصد چربی آزمودنی‌های دوازده تا هجده سال دارای اضافه وزن ایجاد کند [۲۶]. مورفی و همکاران، طول کوتاه دوره تمرینی را علت عدم کاهش وزن عنوان کردند. کلارک و همکاران نیز تأثیر دو نوع تمرین تناوبی با شدت بالای سنتی^۱ (ده وهله شصت ثانیه‌ای با ۷۰ تا ۸۵ درصد توان اوج) در مقابل تمرین تناوبی با شدت بالای دوره‌ای^{۱۰} (شش تا ده تکرار با ۶۰ تا ۱۲۰ درصد توان اوج) به مدت شش هفته بر ترکیب بدنی را سنجیده‌اند.

در این مطالعه، هر دو نوع تمرین توانست VO_2max را افزایش دهد، اما هیچ کدام تأثیر معناداری بر وزن بدن نداشتند. از سوی دیگر، تمرین تناوبی با شدت بالای سنتی درصد چربی را کاهش و توده بدون چربی را افزایش داد که این متغیرها در تمرین دوره‌ای تناوبی با شدت بالا بدون تغییر باقی ماندند [۲۷].

مکانیسم‌های دقیق افزایش VO_2max در این مطالعه ناشناخته است، اما یک توضیح احتمالی، تقویت محتوا یا عملکرد میتوکندری است که اغلب در پاسخ به تمرین تناوبی با شدت بالا در بزرگسالان غیرچاق نشان داده می‌شود [۲۷].

اما ناهمسو با نتایج مطالعه حاضر، راسیل و همکاران بیان کردند دوازده هفته تمرینات تناوبی با شدت بالای کوتاهمدت (سه بار در هفته با شدت ۱۰۰ تا ۱۱۰ درصد حداکثر سرعت هوایی، هشت تکرار سی ثانیه‌ای با حداکثر تلاش با چهار دقیقه استراحت)، توانست وزن، شاخص توده بدنی و درصد چربی کودکان دارای اضافه وزن را کاهش دهد. این در حالی است که این نوع تمرین نتوانست تغییری در وضعیت VO_2max آزمودنی‌ها ایجاد کند [۲۸].

اگر چه مطالعه حاضر نتوانست کاهش معناداری در وزن و شاخص توده بدنی آزمودنی‌ها ایجاد کند، اما گمان می‌رود ادامه تمرین می‌توانست تغییرات حاصل در وزن و شاخص توده بدنی را با کاهش معنادار مواجه کند. بنابراین یکی از علل ناهمسو بودن می‌تواند طول کوتاه دوره تمرینی مطالعه حاضر (هشت هفته) در مقابل دوره بلندتر (دوازده هفته) در مطالعه راسیل و همکاران باشد.

همچنین لازم و همکاران با بررسی اثر شش هفته تمرین تناوبی کوتاهمدت شدید (شش تکرار چهل ثانیه‌ای با ۱۰۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی با پنج دقیقه استراحت به صورت پیاده‌روی با ۴۰

9. Traditional

10. Periodized

تفاوت عمده آزمودنی‌های این مطالعه با مطالعه حاضر باعث ایجاد تفاوت در نتیجه شده است. اولی بالاتر بودن سن آزمودنی‌های مطالعه ساساکی و همکاران و دومی، کوچک تر بودن شاخص توده بدنی آن‌ها نسبت به مطالعه حاضر است [۱۹].

همچنین سوری و همکاران در مطالعه روی مردان دارای اضافه وزن بیان کردند که شانزده هفته تمرین تناوبی با شدت بالای (۱۰-۸ دوره چهار دقیقه‌ای دویدن با شدت ۹۰-۸۰ درصد ضربان قلب ذخیره، با فواصل استراحت فعال به مدت دو دقیقه شامل دویدن با شدت ۵۰-۴۰ درصد ضربان قلب ذخیره) نتوانست بر میزان GH این افراد مؤثر باشد. این محققین افزایش ۲۷ درصدی کورتیزول و متعاقب آن تحریک ترشح سوماتواستاتین را عامل عدم افزایش GH عنوان کردند [۲۱].

همچنین حجازی بیان کرده هفته تمرین تناوبی با شدت بالای کوتاه مدت (هشت و هله سی ثانیه‌ای با تمام تلاش که بانودثانیه استراحت غیرفعال از یکدیگر جدا می‌شدند) GH در مردان جوان افزایش نمی‌دهد [۲۱]. از آنجا که GH یک هورمون وابسته به شدت است، ممکن است در طول زمان به سبب سازگاری بدون تغییر شود.

نتایج مطالعه حاضر همچنین نشان داد، تمرینات هشت هفته‌ای تناوبی با شدت بالا در نوجوانان دارای اضافه وزن نمی‌تواند باعث بهبودی IGF-1 شود. هرچند بررسی دقیق‌تر داده‌های به دست آمده نشان می‌دهد گروه تمرین کوتاه مدت نسبت به دو گروه دیگر افزایش ده واحدی در میزان IGF-1 دارد، اما این افزایش از لحاظ آماری معنادار نبود.

در این باره مطالعات همسویی که بتواند نتایج مطالعه حاضر در رابطه با IGF-1 را تأیید کند، یافت نشد، اما ناهمسو با نتایج مطالعه حاضر و در یکی از محدود مطالعات انجام گرفته، حجازی با بررسی اثر ده هفته تمرین تناوبی با شدت بالای کوتاه مدت (هشت و هله سی ثانیه‌ای با تمام تلاش همراه با نود ثانیه استراحت غیرفعال) بیان کرد که این نوع تمرین می‌تواند میزان IGF-1 را به طور معناداری افزایش دهد [۳۶].

از آنجا که نوع تمرین در مطالعه حجازی کوتاه مدت است، احتمالاً بالاتر بودن طول دوره تمرینی در مطالعه حجازی باعث ایجاد این تفاوت شده است، زیرا در مطالعه حاضر نیز تمرینات تناوبی با شدت بالای کوتاه مدت توانسته بود علی‌رغم عدم معناداری مقادیر IGF-1 را ده واحد افزایش دهد.

در دیگر مطالعه انجام شده، هربرت و همکاران بیان کردند شش هفته تمرین تناوبی با شدت بالا (شش و هله سی ثانیه‌ای با سه دقیقه استراحت فعال) نتوانست IGF-1 را در مردان میانسال افزایش دهد [۳۶]. از آنجا که میزان IGF-1 افراد میانسال کمتر از نوجوانان است، گمان می‌رود این اختلاف نتیجه ناشی از نوع آزمودنی‌های دو مطالعه باشد.

مؤثر هستند. تمرینات بی‌هوازی با شدت بالا معمولاً به افزایش بیشتری در غلظت GH بعد از ورزش منجر می‌شود [۱۷، ۱۶].

همسو با نتایج مطالعه حاضر، عبدالرحمان و همکاران گزارش کردند که هفت هفته تمرین تناوبی با شدت بالا (دو ست فعالیت شامل ۱۰-۸ و هله فعالیت سی ثانیه‌ای با ۱۰۰ درصد حداکثر سرعت و پنج دقیقه استراحت فعال با ۵۰ درصد حداکثر سرعت) نتوانست میزان GH را در مردان افزایش دهد.

این محققین یکی از علل افزایش GH به واسطه تمرینات تناوبی با شدت بالا را افزایش میزان کاتکولامین‌ها عنوان کردند. افزایش اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین متعاقب فعالیت شدید می‌تواند با تأثیر بر مسیرهای آنابولیکی، میزان تولید و رهایش GH را افزایش دهد [۱۷]. همچنین نتایج مطالعات استکوس و همکاران نشان داد که مدت و هله فعالیت ورزشی بر میزان افزایش GH تأثیرگذار است. در مطالعه آنها یک و هله تمرین تناوبی با شدت بالای سی ثانیه نسبت به تمرین تناوبی با شدت بالای شش ثانیه، GH سرم را بیشتر افزایش داد.

محققان علت این تفاوت را بالا بودن میزان کار انجام شده در فعالیت سی ثانیه یاد کرده‌اند، زیرا میزان کار در شش ثانیه اول در هر دو پروتکل دقیقاً مشابه بود. احتمالاً نیاز به اکسیژن بیشتر در این گونه تمرینات با افزایش تولید لاکتات بیشتر باعث افزایش میزان ترشح GH می‌شود [۳۵].

در مطالعه حاضر نیز هر دو نوع تمرین کوتاه و بلند مدت تمرین تناوبی با شدت بالا به مدت هشت هفته، نتوانست میزان GH نوجوانان دارای اضافه وزن را افزایش دهد، اما تفاوتی بین این دو نوع تمرین دیده نشد. گمان می‌رود یکی از دلایل تأثیر مشابه این دو نوع تمرین، سطوح بسیار پایین GH آزمودنی‌ها باشد. به طوری که قبلاً نیز بیان شد، میزان GH با افزایش وزن و چاقی کاهش پیدا می‌کند [۱۹]. به همین دلیل احتمال می‌رود محرک تمرینی توانسته است میزان GH آزمودنی‌ها را در هر دو گروه افزایش دهد.

از سوی دیگر، از آنجا که وزن، شاخص توده بدنی و درصد چربی آزمودنی‌ها در مطالعه حاضر تأثیری از تمرین نپذیرفته است، می‌توان عنوان کرد که افزایش میزان GH متعاقب هشت هفته تمرین تناوبی با شدت بالا، مستقل از وضعیت ترکیب بدنی است.

اما برخلاف نتایج مطالعه حاضر، ساساکی و همکاران بیان کردند چهار هفته تمرین تناوبی با شدت بالا (ده ست یک دقیقه‌ای با شدت ۸۵ درصد VO2max که با سی ثانیه استراحت از یکدیگر جدا می‌شوند) نتوانست بر میزان GH مردان غیرفعال تأثیری بگذارد.

این محققین عنوان کردند احتمالاً کم بودن تعداد هفته‌های تمرینی باعث عدم تأثیرگذاری بر میزان GH شده است. همچنین گمان می‌رود دو

اثرات انواع تمرینات ورزشی به طور بالقوه بر وضعیت سلامت بدن شناخته شده است، اما تأثیر تمرینات تناوبی با شدت بالا بر ترکیب بدنی و وضعیت هورمونی نوجوانان دارای اضافه وزن مقوله جدیدی است که در این مطالعه سعی شد به قسمتی از آن پرداخته شود.

نتیجه‌گیری

اگر چه تمرین تناوبی با شدت بالا در این مطالعه نتوانست بر وزن، شاخص توده بدنی و همچنین IGF-1 تأثیر بگذارد، اما توانست هورمون رشد و $VO_2\max$ نوجوانان دارای اضافه وزن را افزایش و درصد چربی را کاهش دهد. با توجه به ماهیت تمرینات تناوبی با شدت بالا و اینکه بین دو نوع تمرین بلند و کوتاه‌مدت تناوبی با شدت بالا هیچ تفاوتی یافت نشد، گمان می‌رود انجام تمرینات مدون تناوبی با شدت بالا در نوجوانان دارای اضافه وزن بتواند مزایای سلامت را برای این عزیزان به ارمغان بیاورد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مطالعه دارای کد اخلاق به شماره IR.TABRIZU. REC.1398.021 از دانشگاه تبریز است.

حامی مالی

این مقاله از رساله دکتری نویسنده سوم در گروه فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تبریز استخراج شده است.

مشارکت نویسندگان

مفهوم‌سازی، نگارش متن و بازبینی: همه نویسندگان؛ روش پژوهش و نمونه‌گیری: توحید خاٹواری؛ تحلیل داده‌ها: توحید خاٹواری و جواد وکیلی.

تعارض منافع

در این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافی وجود ندارد.

Reference

- [1] Sahoo K, Sahoo B, Choudhury AK, Sofi NY, Kumar R, Bhadoria AS. Childhood obesity: Causes and consequences. *J Family Med Prim Care*. 2015; 4(2):187-92. [DOI:10.4103/2249-4863.154628] [PMID] [PMCID]
- [2] Pozza C, Isidori AM. What's behind the obesity epidemic. In: Laghi A, Rengo M, editors. *Imaging in bariatric surgery*. Germany: Springer; 2018. [DOI:10.1007/978-3-319-49299-5_1]
- [3] World Health O. Noncommunicable diseases: Risk factors [Internet]. 2021 [Updated 2021]. Available from: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/topic-details/GHO/ncd-risk-factors>
- [4] Makimura H, Stanley T, Mun D, You SM, Grinspoon S. The effects of central adiposity on Growth Hormone (GH) response to GH-releasing hormone-arginine stimulation testing in men. *J Clin Endocrinol Metab*. 2008; 93(11):4254-60. [DOI:10.1210/jc.2008-1333] [PMID] [PMCID]
- [5] Stanley TL, Feldpausch MN, Murphy CA, Grinspoon SK, Makimura H. Discordance of IGF-1 and GH stimulation testing for altered GH secretion in obesity. *Growth Horm IGF Res*. 2014; 24(1):10-5. [DOI:10.1016/j.ghir.2013.11.001] [PMID] [PMCID]
- [6] Henry B, Jensen EA, List EO, Berryman DE. Obesity and the Growth Hormone Axis. In: Nillni EA, editor. *Textbook of energy balance, neuropeptide hormones, and neuroendocrine function*. Germany: Springer; 2018. [DOI:10.1007/978-3-319-89506-2_12]
- [7] Lim HK, Dong JY, Bae SM, Kwon SC, inventors; Hanmi Pharmaceutical Co Ltd, assignee. A novel liquid formulation of long-acting human growth hormone conjugate. United States patent application US 16/066,877 [Internet]. 2019 [Updated 2019 Jan 24]. Available from: <https://patents.google.com/patent/US20190022183A1/en>
- [8] Bartke A. Growth hormone and aging: Updated review. *World J Mens Health*. 2019; 37(1):19-30. [DOI:10.5534/wjmh.180018] [PMID] [PMCID]
- [9] Higashi Y, Gautam S, Delafontaine P, Sukhanov S. IGF-1 and cardiovascular disease. *Growth Horm IGF Res*. 2019; 45:6-16. [DOI:10.1016/j.ghir.2019.01.002] [PMID] [PMCID]
- [10] Homaee H, Moradi L, Azarbayjani M, Peeri M. Effect of high intensity exercise training (HIIT) and endurance training on weight loss and C-reactive protein in obese men. *Int J Biosci*. 2014; 4(9):190-6. [DOI:10.12692/ijb/4.9.190-196]
- [11] Gillen JB, Gibala MJ. Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? *Appl Physiol Nutr Metab*. 2013; 39(3):409-12. [DOI:10.1139/apnm-2013-0187] [PMID]
- [12] Gibala MJ, Little JP, Van Essen M, Wilkin GP, Burgomaster KA, Safdar A, et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: Similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol*. 2006; 575(Pt 3):901-11. [DOI:10.1113/jphysiol.2006.112094] [PMID] [PMCID]
- [13] Heydari M, Freund J, Boutcher SH. The effect of high-intensity intermittent exercise on body composition of overweight young males. *J Obes*. 2012; 2012:480467. [DOI:10.1155/2012/480467] [PMID] [PMCID]
- [14] Mangine GT, Hoffman JR, Gonzalez AM, Townsend JR, Wells AJ, Jajtner AR, et al. Exercise-induced hormone elevations are related to muscle growth. *J Strength Cond Res*. 2017; 31(1):45-53. [DOI:10.1519/JSC.0000000000001491] [PMID]
- [15] Sylta o, Sandbakk o, Hammarstrom D, Danielsen J, Skovereng K, Ronestad B, et al. Effects of high-intensity training on physiological and hormonal adaptations in well-trained cyclists. *Med Sci Sports Exerc*. 2017; 49(6):1137-46. [DOI:10.1249/MSS.0000000000001214] [PMID]
- [16] Collier SR, Collins E, Kanaley JA. Oral arginine attenuates the growth hormone response to resistance exercise. *J Appl Physiol*. 2006; 101(3):848-52. [DOI:10.1152/jappphysiol.00285.2006] [PMID]
- [17] Stokes KA, Nevill ME, Hall GM, and Lakomy HKA. Growth hormone responses to repeated maximal cycle ergometer exercise at different pedaling rates. *J Appl Physiol*. 2002; 92(2):602-8. [DOI:10.1152/jap-2002.92.2.602] [PMID]
- [18] Abderrahman AB, Rhibi F, Ouerghi N, Hackney AC, Saeidi A, Zouhal H. Effects of recovery mode during high intensity interval training on glucoregulatory hormones and glucose metabolism in response to maximal exercise. *J Athl Enhanc*. 2018; 7(3):292. [DOI:10.4172/2324-9080.1000292] [PMID] [PMCID]
- [19] Sasaki H, Morishima T, Hasegawa Y, Mori A, Ijichi T, Kurihara T, et al. 4 weeks of high-intensity interval training does not alter the exercise-induced growth hormone response in sedentary men. *Springerplus*. 2014; 3:336. [DOI:10.1186/2193-1801-3-336] [PMID] [PMCID]
- [20] Soori R, Rezaeian N, Salehyian O. [Effects of interval training on leptin and hormone levels affecting lipid metabolism in young obese/ overweight men (Persian)]. *Iran J Endocrinol Metab*. 2012; 14(3):248-56. <http://ijem.sbmu.ac.ir/article-1-1234-fa.html>
- [21] Hejazi SM. Effects of High Intensity Interval Training on Plasma Levels of GH and IGF-I. *Int J Med Res Health Sci*. 2017; 6(4):55-9. <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijmrhs&volume=6&issue=4&rticle=009>
- [22] Agha-Alinejad H, Gharakhanlou R, Farzad B, Bayati M. [Norms of anthropometric, body composition measures and prevalence of overweight and obesity in urban populations of Iran (Persian)]. *J Shahrekord Univ Med Sci*. 2014; 15(6):18-27. http://journal.skums.ac.ir/browse.php?a_code=A-10-765-1&slc_lang=en&sid=1
- [23] Thivel D, Masurier J, Baquet G, Timmons BW, Pereira B, Berthoin S, et al. High-intensity interval training in overweight and obese children and adolescents: Systematic review and meta-analysis. *J Sports Med Phys Fitness*. 2018; 59(2):310-24. [DOI:10.23736/S0022-4707.18.08075-1] [PMID]
- [24] Starkoff BE, Eneli IU, Bonny AE, Hoffman RP, Devor ST. Estimated aerobic capacity changes in adolescents with obesity following high intensity interval exercise. *Int J Kinesiol Sports Sci*. 2014; 2(3):1-8. [DOI:10.7575/aiac.ijkss.v2n.3p.1]
- [25] Welk GJ, Laurson KR, Eisenmann JC, Cureton KJ. Development of youth aerobic-capacity standards using receiver operating characteristic curves. *Am J Prev Med*. 2011; 41(4 S 2):S111-6. [DOI:10.1016/j.amepre.2011.07.007] [PMID]
- [26] Murphy A, Kist C, Gier AJ, Edwards NM, Gao Z, Siegel RM. The feasibility of high-intensity interval exercise in obese adolescents. *Clin Pediatr*. 2015; 54(1):87-90. [DOI:10.1177/0009922814528038] [PMID] [PMCID]
- [27] Clark A, Annie B, DeRevere JL, Astorino TA. Effects of various interval training regimes on changes in maximal oxygen uptake, body composition, and muscular strength in sedentary women with obesity. *Eur J Appl Physiol*. 2019; 119(4):879-88. [DOI:10.1007/s00421-019-04077-x] [PMID]
- [28] Racil G, Ounis OB, Hammouda O, Kallel A, Zouhal H, Chamari K, et al. Effects of high vs. moderate exercise intensity during interval training on lipids and adiponectin levels in obese young females. *Eur J Appl Physiol*. 2013; 113(10):2531-40. [DOI:10.1007/s00421-013-2689-5] [PMID]
- [29] Lazzer S, Tringali G, Caccavale M, De Micheli R, Abbruzzese L, Sartorio A. Effects of high-intensity interval training on physical capacities and substrate oxidation rate in obese adolescents. *J Endocrinol Invest*. 2017; 40(2):217-26. [DOI:10.1007/s40618-016-0551-4] [PMID]

- [30] De Araujo ACC, Roschel H, Picanco AR, do Prado DML, Villares SMF, de sa Pinto A, et al. Similar health benefits of endurance and high-intensity interval training in obese children. *PLoS one*. 2012; 7(8):e42747. [DOI:10.1371/journal.pone.0042747] [PMID] [PMCID]
- [31] Kong Z, Fan X, Sun S, Song L, Shi Q, Nie J. Comparison of high-intensity interval training and moderate-to-vigorous continuous training for cardiometabolic health and exercise enjoyment in obese. *PLoS One*. 2016; 11(7):e0158589. [DOI:10.1371/journal.pone.0158589]
- [32] Zhang H, K Tong T, Qiu W, Wang J, Nie J, He Y. Effect of high-intensity interval training protocol on abdominal fat reduction in overweight Chinese women: A randomized controlled trial. *Kinesiol*. 2015; 47(1):57-66. <https://hrcak.srce.hr/140252>
- [33] Gholizadeh, Kurdi, Akbarnezhad, Afusi Gh, Mohammadi S. [The effect of two types of very intense intermittent exercise (HIIT) on fat and carbohydrate oxidation in overweight young men (Persian)]. *J Sport Biol Sci*. 2017; 9(2):157-69. [DOI:10.22059/JSB.2017.41874.659]
- [34] Tong TK, Zhang H, Shi H, Liu Y, Ai J, Nie J, et al. Comparing time efficiency of sprint vs. high-intensity interval training in reducing abdominal visceral fat in obese young women: A randomized, controlled trial. *Front Physiol*. 2018; 9:1048. [DOI:10.3389/fphys.2018.01048] [PMID] [PMCID]
- [35] Utz AL, Yamamoto A, Hemphill L, Miller KK. Growth hormone deficiency by growth hormone releasing hormone-arginine testing criteria predicts increased cardiovascular risk markers in normal young overweight and obese women. *J Clin Endocrinol Metab*. 2008; 93(7):2507-14. [DOI:10.1210/jc.2008-0169] [PMID] [PMCID]
- [36] Herbert P, Hayes LD, Sculthorpe N, Grace FM. High-intensity interval training (HIIT) increases insulin-like growth factor-I (IGF-I) in sedentary aging men but not masters' athletes: An observational study. *Aging Male*. 2017; 20(1):54-9. [DOI:10.1080/13685538.2016.1260108] [PMID]

This Page Intentionally Left Blank