مجله‌ی غدد درون‌ریز و متابولیسم ایران
دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ـ درمانی شهید بهشتی
دوره‌ی بیست و هفتم، شماره‌ی ۱، صفحه‌های ۱۲ ـ ۱ (۱۴۰۴)

مقاله‌ی پژوهشی

مقایسه تاثیر تمرین تناوبی با شدت بالا، تمرین تداومی با شدت متوسط و تمرین عملکردی مقاومتی کل بدن بر مقاومت به انسولین و سطوح سرمی آیریزین و عامل رشد فیبروبلاستی- ۲۱ در پسران نوجوان دارای اضافه وزن

دکتر ابراهیم زرین‌کلام[۱] ، دکتر کمال رنجبر[۲]

۱) گروه فیزیولوژی ورزش، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران، ۲) گروه فیزیولوژی ورزش، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران، **نشانی مکاتبه با نویسنده مسئول**: بندرعباس، بلوار دانشگاه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس، کدپستی: ۷۹۱۵۸۹۳۴۵۷، دکتر کمال رنجبر؛ e-mail: kamal_ranjbar@iau.ac.ir

چکیده

مقدمه: آیریزین و عامل رشد فیبروبلاست-۲۱ (**FGF-21**) نقش ارتباطی مهمی بین بافت چربی، عضله اسکلتی و هومئوستاز گلوکز دارند. به‌نظر می‌رسد نوع تمرین ورزشی عامل موثری در تنظیم هومئوستاز گلوکز در افراد چاق باشد. هدف این مطالعه، مقایسه تاثیر انواع تمرین ورزشی بر سطوح آیریزین و **FGF-21** سرمی و مقاومت به انسولین در پسران نوجوان دارای اضافه-وزن بود. مواد و روش‌ها: چهل و هشت پسر نوجوان دارای اضافه وزن به‌طور تصادفی در ۴ گروه شاهد، تمرین اینتروال با شدت بالا (**HIIT**)، تمرین تداومی با شدت متوسط (**MICT**) و تمرین مقاومتی کل بدن (**TRX**) تقسیم شدند. جلسات تمرین ورزشی به مدت ۶ هفته برگزار شد. قبل و پس از تمرین، سطوح آیریزین،**FGF-21** و مقاومت به انسولین مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. برای آنالیز آماری از تحلیل کواریانس (**ANCOVA**) استفاده شد. یافته‌ها: شاخص‌توده بدنی، وزن بدن، درصد چربی، انسولین و گلوکز پس از تمرین در گروه‌های **HIIT**، **MICT** و **TRX** کمتر از گروه شاهد بود. علی‌رغم کاهش مقاومت به انسولین و عدم تغییر آیریزین در پاسخ به انواع تمرین، تفاوتی در میزان آیریزین و مقاومت به انسولین در بین گروه‌های تمرین وجود نداشت (**p>۰/۰۵**)، اما **FGF-21** در گروه **MICT** نسبت به گروه‌های دیگر بیشتر بود (**p≤۰/۰۵**). نتیجه‌گیری: به-نظر می‌رسد که هر سه مدل تمرین **HIIT**، **MICT** و **TRX** به اندازه یکسان منجر به افزایش ظرفیت عملکردی، کاهش چربی بدن و بهبود هومئوستاز گلوکز می‌شود. کاهش هم‌اندازه شاخص مقاومت به انسولین در پاسخ به انواع تمرین ورزشی از مسیرهای مستقل از آیریزین حاصل می‌شود و نقش **FGF-21** در کاهش مقاومت به انسولین، در تمرین **MICT** برجسته‌تر است.

واژگان کلیدی: تمرین ورزشی، پسران دارای اضافه‌وزن، مقاومت به انسولین، آیریزین و FGF-21

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۲/۲ـ دریافت اصلاحیه: ۱۴۰۴/۴/۲۹ ـ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۵/۲۰

مقدمه

شیوع چاقی در نوجوانان در حال افزایش بوده و هم اکنون به عنوان یک اپیدمی جهانی در نظر گرفته می‌شود.[۱] بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت در سال ۲۰۲۲، ۳۹۰ میلیون نفر از کودکان و نوجوانان ۵ تا ۱۹ ساله از اضافه وزن و ۱۶۰ میلیون نفر از چاقی رنج می‌برند.[۲] افراد چاق و دارای اضافه وزن به علت اختلال در متابولیسم گلوکز و افزایش مقاومت به انسولین در معرض بیماری دیابت هستند.[۳]

از مهم‌ترین عواملی که در تنظیم هومئوستاز گلوکز ایفای نقش می‌کنند، هورمون های آیریزین[i] و و عامل رشد فیبروبلاست ۲۱- (FGF-21) هستند که به ترتیب از بافت چربی و کبد ترشح می‌شوند. آیریزین با راه‌اندازی فرایند قهوه‌ای شدن[ii] در بافت چربی سفید، منجر به افزایش هدررفت انرژی از طریق تولید گرما، بالا بردن انرژی مصرفی و در نهایت کاهش وزن می‌شود.[٤] از طرفی، نشان داده شده است که آیریزین از طریق بهبود متابولیسم گلوکز، افزایش تعداد گیرنده‌های انسولین و بهبود عملکرد سلول‌های بتای پانکراس موجب کاهش مقاومت به انسولین می‌شود.[٥] به نظر می‌رسد افزایش آیریزین سازوکار جبرانی برای بهبود هموئوستاز گلوکز در افراد دارای اضافه‌وزن و چاق باشد.[٦,٧] هورمون FGF-21 موجب افزایش مصرف گلوکز توسط سلول‌های چربی 3T3-L1، کاهش سطح انسولین و گلوکز، تحریک لیپولیز و افزایش انرژی مصرفی می‌شود.[٨,٩] مطالعات بالینی نشان داده‌اند که سطح FGF-21 در افراد چاق افزایش می‌یابد، که نشان از ایجاد مقاومت نسبت به عملکرد FGF-21 در افراد مبتلاء به سندروم متابولیک و افراد دارای اضافه وزن و چاق می‌باشد.[١٠]

فعالیت بدنی از طریق افزایش ناقل گلوکز نوع ٤[iii] (GLUT-4) منجر به افزایش حساسیت به انسولین می‌شود. همچنین، فعالیت بدنی از طریق افزایش گیرنده فعال‌کننده تکثیر پراکسیزوم گاما هم‌فعال‌ساز آلفا[iv] (PGC-1α) منجر به افزایش فیبرونکتین نوع ۳ دامنه حاوی پروتئین ٥[v] (FNDC-5) می‌شود، که به عنوان پیش‌ساز آیریزین شناخته می‌شود. آنچه که امروزه مورد تردید است؛ اثر نوع فعالیت بدنی بر میزان آیریزین، سطح FGF-21 و تنظیم هومئوستاز گلوکز و حساسیت به انسولین در افراد چاق و دارای اضافه وزن است. در حال حاضر اطلاعات منسجمی در زمینه اثر نوع تمرین به‌طور عام، و اثر شدت تمرین به‌طور خاص بر آیریزین و FGF-21 در نوجوانان دارای اضافه وزن وجود ندارد و شیوه‌های تمرین با توجه به تنوع شدت و طول دوره تمرین می‌توانند آثار گوناگونی بر هموئوستاز گلوکز داشته باشند.[١١] بنابراین، در این پژوهش در پی پاسخ به این سؤالات هستیم: آیا تمرین تناوبی با شدت بالا[vi] (HIIT)، تمرین تداومی با شدت متوسط[vii] (MICT) و تمرین مقاومتی کل بدن[viii] (TRX) بر سطح آیریزین و FGF-21 سرمی و مقاومت به انسولین پسران نوجوان دارای اضافه وزن تأثیرگذار است؟ آیا سه روش تمرین HIIT، MICT و TRX به لحاظ تاثیر بر سطح آیریزین و FGF-21 سرمی، CRP و مقاومت به انسولین متفاوت هستند؟

مواد و روش‌ها

این پژوهش به روش کارآزمایی تصادفی شده بالینی در قالب چهار گروه با اندازه‌گیری مکرر صورت گرفت. آزمودنی‌های این تحقیق را ٤٨ نفر از پسران نوجوان١٤ تا ١٧ ساله و با شاخص توده بدنی[ix] (BMI) بین ٢٥ و ٣٠ تشکیل دادند. شرکت‌کنندگان به صورت تصادفی در چهار گروه ١: گروه شاهد (Con ،n=١٢)، ٢: گروه تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT ،n=١٢)، ٣: گروه تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT ،n=١٢) و ٤ گروه تمرین مقاومتی کل بدن (TRX ،n=١٢) تقسیم شدند. پس از تکمیل پرسش‌نامه توسط شرکت‌کنندگان و دریافت رضایت‌نامه از تمامی افراد، شاخص‌های قد با استفاده از قد سنج سکا، وزن و درصد چربی بدن با استفاده از دستگاه اینبادی ٢٣٠ مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. مشخصات آزمودنی‌ها در قبل و پس از مداخله تمرینی در گروه‌های مختلف در جدول شماره ١ نشان داده شده است. این افراد سابقه بیماری خاص نداشتند، سیگار نمی‌کشیدند و از رژیم غذایی و شیوه درمانی خاصی استفاده نمی‌کردند. تمرین به مدت ٦ هفته و هر هفته ٣ جلسه در درهفته برگزار گردید. قبل و پس از مداخله تحقیق، ظرفیت هوازی کلیه آزمودنی‌ها به وسیله آزمون بروس[x] مورد سنجش قرار گرفت. لازم به ذکر است که کلیه مراحل تحقیق بر اساس شیوه‌های مندرج در اعلامیه هلسینکی بوده و توسط کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس مورد تایید قرار گرفت (IR.IAU.BA.REC.1404.019).

تمرین تناوبی با شدت بالا : تمرین تناوبی با شدت بالا شامل ١٠ دقیقه گرم کردن، ٢٠ دقیقه تمرین تناوبی با شدت بالا و ١٠ دقیقه سرد کردن بود. تمرین تناوبی با شدت بالا

i-Irisin
ii-Browning
iii-Glucose Transporter Type 4
iv-Peroxisome Proliferator-Activated Receptor Gamma Coactivator 1-alpha
v-Fibronectin type III Domain-Containing Protein 5

vi-High Intensity Interval Training (HIIT)
vii-Moderate Intensity Continuous Training (MICT)
viii-Total Body Resistance Exercise (TRX)
ix-Body Mass Index
x-Bruce Protocol

شامل ۵ نوبت دویدن روی تردمیل به مدت ۲ دقیقه با شدت ۷۵ تا ۱۰۰ درصد ضربان قلب بیشینه بود و سپس ۲ دقیقه استراحت غیر فعال بود. شدت تمرین از هفته اول تا هفته ششم به صورت تدریجی (۵ درصد ضربان قلب بیشینه) افزایش پیدا کرد. لازم به ذکر است که ضربان قلب بیشینه شرکت‌کنندگان با استفاده از شیوه نامه آزمون بروس بدست آمد. شدت ضربان قلب به وسیله ضربان‌سنج پولارH10 مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

تمرین تداومی با شدت متوسط: تمرین تداومی با ۱۰ دقیقه گرم کردن شروع شد، سپس آزمودنی‌ها به مدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه با شدت ۵۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب بیشنه به دویدن روی تردمیل پرداختند. دوره اصلی تمرین در هفته نخست شامل دویدن روی تردمیل به مدت ۱۵ دقیقه با شدت ۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه بود. زمان این دوره در هر هفته به مدت ۱ دقیقه و شدت تمرین آن به میزان ۵ درصد ضربان قلب بیشینه، افزوده می‌شد تا این‌که آزمودنی‌ها در هفته ششم به مدت ۲۰ دقیقه با شدت ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه به فعالیت پرداختند.[۱۲] در انتها نیز آزمودنی‌ها با حرکات کششی به مدت ۱۰ دقیقه به سرد کردن می پرداختند.

تمرین مقاومتی کل بدن: یک هفته قبل از شروع تمرین، نحوه صحیح انجام تمرین TRX به آزمودنی‌ها آموزش داده شد. تمرین به ترتیب شامل حرکات اسکوات، فلای دلتوئید، جلوبازو حلقه‌ای، پرس سینه، پارویی پایین، لانگز معلق و پاروزدن ایستاده بود. هر فعالیت در ٤ ست با ۸ تا ۱۲ تکرار (هفته اول و دوم ۸ تکرار، هفته سوم و چهارم ۱۰ تکرار و هفته پنجم و ششم ۱۲ تکرار) و با دوره استراحتی ۱ دقیقه‌ای بین هر ست و استراحت ۳ دقیقه‌ای بین هر حرکت انجام گردید و شدت تمرین بر اساس مقیاس درک فشار بورگ[i] (RPE) در دامنه درک فشار ۱۲ تا ۱۸ صورت گرفت (هفته اول و دوم ۱۲ تا ١٤، هفته سوم و چهارم ١٤ تا ١٦ و هفته پنجم و ششم ١٦ تا ۱۸). برای یکسان‌سازی نحوه اجرای حرکات تمرینی سرعت انجام حرکات در تمام آزمودنی‌ها به وسیله مترونوم یک ضربه در ثانیه صورت گرفت. هر جلسه تمرینی به مدت ٤٥ تا ٦٠ دقیقه طول کشید. ابتدا آزمودنی‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با نرم دویدن و حرکات کششی بدن به گرم کردن پرداختند. سپس تمرین TRX را انجام می‌دادند و در انتها نیز با حرکات کششی به سرد کردن پرداختند.[۱۳]

i-Borg's Rating of Perceived Exertion

خونگیری در دو مرحله (٢٤ ساعت قبل از شروع اولین جلسه تمرین (پیش آزمون) و ٤٨ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین (پایان هفته ششم)) به صورت ناشتا انجام گرفت. پس از ۱۵ دقیقه استراحت؛ ۵ میلی‌لیتر خون از سیاهرگ آنتی‌کوبیتال از آزمودنی‌ها اخذ گردید. خون گرفته شده در لوله‌های سترون وارد شده و سپس با سانتریفیوژ (۵ دقیقه و ۵۰۰۰ دور در دقیقه) سرم جدا و در دمای ۳۰- درجه سانتیگراد نگه‌داری شد. برای اندازه‌گیری FGF-2 و آیریزین به روش الایزا از کیت شرکت استبیوفارم هانگزو[ii] (کشور آمریکا) استفاده شد. اندازه‌گیری CRP به روش کدورت سنجی[iii] با کیت شرکت پارس آزمون انجام شد. گلوکز و انسولین سرم به روش آنزیمی، به ترتیب با کیت شرکت پارس آزمون (ایران) و کیت مونوپیتید شرکت تولیدی روشه (آلمان)، اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است میزان مقاومت به انسولین نیز از طریق معادله HOMA-IR محاسبه گردید.

روش آماری

تحلیل آماری به وسیله نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ صورت گرفت. ابتدا نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون شپیرو-ویلک[iv] مورد بررسی قرار گرفت و برای تحلیل‌های آماری از تحلیل کوواریانس[v] (ANCOVA) با کنترل مقادیر پیش‌آزمون به‌عنوان کوواریت استفاده شد. داده‌ها به صورت میانگین±انحراف معیار گزارش شدند و سطح معناداری از ۰/۰۵ ≥ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

نتایج تحلیل آماری نشان داد که قبل از شروع تمرین شاخص‌های تن‌سنجی در گروه‌های مورد مطالعه تفاوت معناداری نداشت. نتایج نشان داد که وزن بدن پس از مداخله تمرین ورزشی بین آزمودنی‌ها متفاوت است (p≤۰/۰۰۰۱، F=١٤/١٢). وزن بدن در گروه HIIT، MICT و TRX نسبت به گروه شاهد به طور معناداری کمتر بود. در این راستا، میزان شاخص توده بدنی نیز پس از تمرین در گروه‌های مورد مطالعه متفاوت بود (p<۰/۰۱، F=۱۸/۷۸). شاخص توده بدنی در گروه‌های تمرینی کمتر از گروه شاهد بود. همچنین شاخص توده بدنی در گروه HIIT کمتر از گروه MICT بود

ii-Hangzhou EastbioPharm Co., Ltd.
iii-Nephelometry
iv-Shapiro-wilk
v-Analysis of Covariance

(p≤۰/۰۰۱). درصد چربی بدن نیز در گروه‌های مورد مطالعه متفاوت بود (F=۳۷/۵۷ ،p≤۰/۰۰۰۱). میزان چربی بدن در پاسخ به انواع تمرین ورزشی به اندازه‌ای یکسان در هر سه گروه مداخله به طور معناداری کاهش پیدا کرد. ظرفیت حداکثر اکسیژن مصرفی نیز بین گروه‌های مورد مطالعه متفاوت بود (F=۸/۲ ،p≤۰/۰۰۱). هر سه نوع تمرین ورزشی موجب افزایش ظرفیت هوازی نسبت به گروه شاهد شده بود (جدول ۱).

جدول ۱-مشخصات دموگرافیکی آزمودنی‌ها در گروه‌های مختلف در پیش و پس از مداخله تحقیق

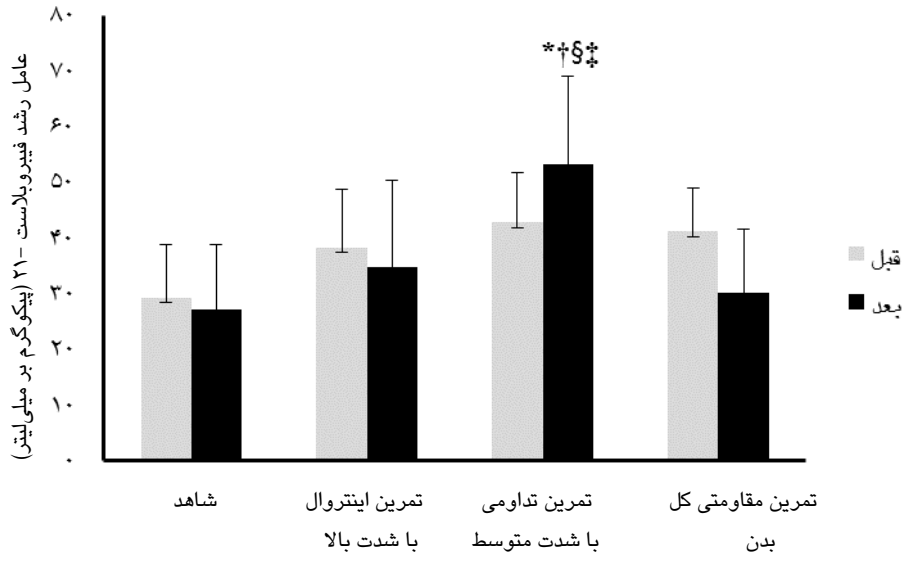
متغیر	گروه	شاهد	HIIT	MICT	TRX
سن (سال)		۱۴/۲±۳/۲۳	۱۴/۰۹±۱/۲۲	۱۵/۲۷±۲/۴۵	۱۶/۷۲±۱/۲۹
قد (سانتی‌متر)		۱۶۴/۷±۴/۹	۱۶۸/۶۸±۴/۰۱	۱۶۳/۱۸±۴/۲۱	۱۶۶/۰۹±۵/۷۲
وزن (کیلوگرم)	پیش آزمون	۸۰±۶/۸	۸۱/۸۶±۹/۸۵	۷۸/۱۱±۹/۷۳	۷۷/۲۰±۹/۹۴
	پس آزمون	۸۱/۴±۷/۶	۷۶±۷/۵*†	۷۴/۹±۷/۴†*	۷۴/۸±۸/۴ *†
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع)	پیش آزمون	۲۹/۰۴±۲/۲	۲۸/۷±۲/۶۲	۲۹/۲±۲/۸۲	۲۸/۴±۲/۰۳
	پس آزمون	۲۹/۳±۴/۵	۲۶/۹±۴/۹ *†§	۲۸/۱±۴/۸*†	۲۷/۱±۱/۳*†
درصد چربی	پیش آزمون	۳۲/۳±۶/۵	۳۳/۸۱±۴/۰۲	۳۱/۶۱±۳/۴۸	۳۲/۱۷±۲/۷۲
	پس آزمون	۳۳/۹±۱۰/۵	۲۹/۵±۷/۶ *†	۲۸±۴/۵ *†	۲۸/۵±۱۰/۱ *†
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر بر کیلوگرم بر دقیقه)	پیش آزمون	۳۰/۵±۴/۵	۳۳/۹۸±۳/۷۷	۳۲/۶۴±۳/۱	۳۴/۸۰±۳/۷۶
	پس آزمون	۲۸/۸±۷/۸	۳۸/۴۲±۶/۵ *†	۳۹/۳۷±۴/۴ *†	۳۶/۱۷±۶/۱ *†

* نشانه تفاوت معنادار نسبت به پیش آزمون.† نشانه تفاوت نسبت به گروه شاهد، ‡ نشانه تفاوت معنادار نسبت به گروه TRX، § نشانه اختلاف معنادار نسبت به گروه MICT.
داده ها به صورت Mean±SD گزارش شده است.

نتایج تحلیل کوواریانس با کنترل سطح پایه FGF-21 نشان داد که مدل کلی به طور معناداری تغییرات سطح FGF-21 پس از تمرین را توضیح می‌دهد (η²=۰/۳۷۹، p≤۰/۰۰۱، F=۶/۵۵)، که بیانگر اثر قابل توجه ترکیبی گروه‌ها و سطح اولیه FGF-21 به عنوان متغیر مداخله‌گر است. اثر کوواریته سطح پایه FGF-21 بر FGF-21 پس از تمرین، بسیار کم و فاقد معنی‌داری آماری بود (η²=۰/۰۱۳، p≤۰/۴۵، F=۰/۵۷)، که نشان می‌دهد سهم اولیه FGF-21 در تغییرات مشاهده‌شده ناچیز است. در حالی‌که اثر گروه بر متغیر وابسته پس از کنترل سطح اولیه FGF-21 معنادار بود (η²=۰/۳۷۳، p≤۰/۰۰۱، F=۸/۵۱). این نتایج نشان می‌دهد که تقریباً ۳۷ % تغییرات سطح FGF-21 پس از تمرین ناشی از نوع مداخله ورزشی است. تحلیل نتایج پس آزمون با روش بونفرونی[i] نشان داد که سطح FGF-21 در گروه MICT نسبت به گروه‌های شاهد (p≤۰/۰۰۱)، HIIT (p≤۰/۰۱۰) و TRX(p≤۰/۰۰۱) به طور معناداری بیشتر بود. تفاوت معناداری بین گروه‌های HIIT، TRX و شاهد مشاهده نشد (شکل ۱).

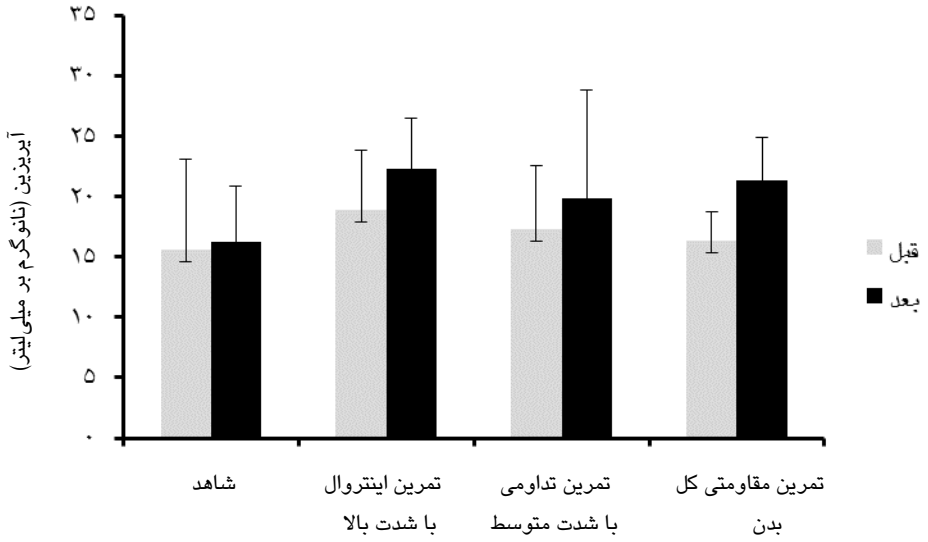
همچنین، برای بررسی اثر مداخلات ورزشی بر سطح نهایی آیریزین با کنترل اثر سطح اولیه آن، تحلیل کوواریانس انجام شد. نتایج نشان داد که مدل کلی شامل گروه‌ها و سطح اولیه آیریزین به عنوان متغیر مداخله‌گر، توانست ۱۵/۹% از تغییرات سطح آیریزین پس از تمرین را تبیین کند (η²=۰/۱۵۹)، که از نظر اندازه اثر در محدوده متوسط قرار می‌گیرد، اما از نظر آماری معنی‌دار نبود (p≤۰/۱۰۷، F=۲/۰۳)، بنابراین این میزان تبیین واریانس از نظر آماری قابل اتکا نیست. اثر سطح پایه آیریزین بر مقادیر نهایی آیریزین معنی‌دار نبود (η²=۰/۰۱۳، p≤۰/۴۶۲، F=۰/۵۵)، این نشان می‌دهد که سطح اولیه آیریزین پیش‌بینی‌کننده معنی‌داری برای تغییرات پس از تمرین نیست. همچنین، اثر گروه نیز بر آیریزین پس از تمرین پس از کنترل سطح اولیه آیریزین معنی‌دار نبود (η²=۰/۱۳۲، p≤۰/۱۰۳، F=۲/۱۹). مطالعه مقایسه‌های زوجی نشان داد که هیچ اختلاف معنی‌داری بین گروه‌های HIIT، MICT، TRX و شاهد مشاهده نشد. به طور کلی، هیچ‌یک از برنامه‌های تمرین ورزشی باعث تغییر معنی‌داری در سطح نهایی آیریزین نشدند (شکل ۲).

i-Bonferroni



شکل ۱- مقادیر FGF-21 در گروه‌های مختلف در قبل و پس از مداخله.

* نشانه تفاوت معنادار نسبت به پیش آزمون. † نشانه تفاوت نسبت به گروه شاهد، ‡ نشانه تفاوت معنادار نسبت به گروه TRX، § نشانه تفاوت معنادار نسبت به گروه HIIT. داده‌ها به صورت Mean±SD گزارش شده است.

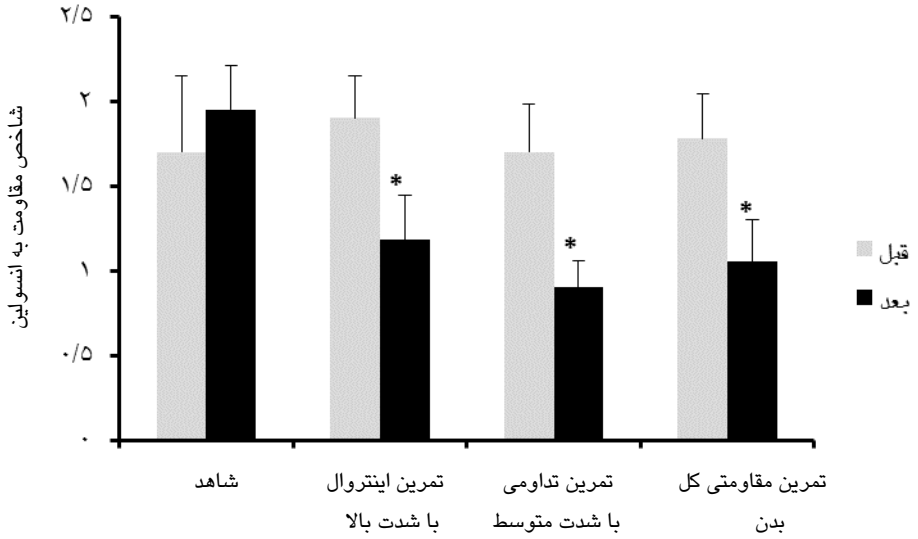


شکل ۲- مقادیر آیریزین در گروه‌های مختلف در قبل و پس از مداخله.

داده‌ها به صورت Mean±SD گزارش شده است.

به‌منظور ارزیابی تأثیر مداخلات ورزشی بر شاخص مقاومت به انسولین پس از تمرین، با در نظر گرفتن مقادیر اولیه به‌عنوان عامل مداخله گر، از تحلیل کوواریانس استفاده شد. مدل کلی شامل گروه‌ها و سطح اولیه مقاومت به انسولین توانست حدود ۷۵٪ از تغییرات مقاومت به انسولین پس از تمرین را تبیین کند (η^2=۰/۷۵) و از نظر آماری معنی‌دار بود (F=۳۲/۳۳ ،p≤۰/۰۰۱). اثر سطح پایه مقاومت به انسولین بر مقاومت به انسولین پس از تمرین معنی‌دار نبود (η^2=۰/۰۰۱ ،p≤۰/۹۸۲ ،F=۰/۰۰۱)، که این نشان می‌دهد سطح پایه مقاومت به انسولین نقش مؤثری در پیش‌بینی تغییرات پس از تمرین ندارد. اما، اثر گروه بر مقاومت به انسولین پس از تمرین پس از کنترل سطح پایه مقاومت به انسولین

معنی‌دار بود (η^2=۰/۷۵، p≤۰/۰۰۱، F=۴۳/۰۷)، یعنی تغییرات مقاومت به انسولین بیشتر توسط تمرین ورزشی ایجاد شده است و نه سطح پایه. همچنین مقایسه زوجی نشان داد که هر سه نوع تمرین ورزشی به اندازه یکسان موجب کاهش معنادار مقاومت به انسولین نسبت به گروه شاهد گردید (p≤۰/۰۰۱) (شکل ۳). عدم تفاوت بین انواع تمرین ورزشی نشان می‌دهد که شدت اثر مشاهده‌شده عمدتاً ناشی از خود تمرین، نه نوع آن، بوده است.

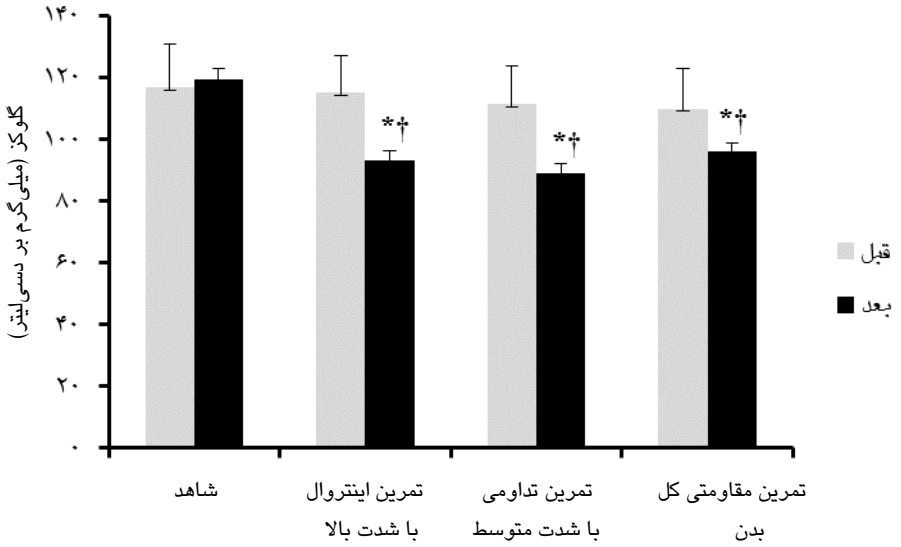


شکل ۳- میزان مقاومت به انسولین در قبل و پس از مداخله در گروه‌های مورد مطالعه

* نشانه تفاوت معنادار نسبت به پیش آزمون. داده‌ها به صورت Mean±SD گزارش شده است.

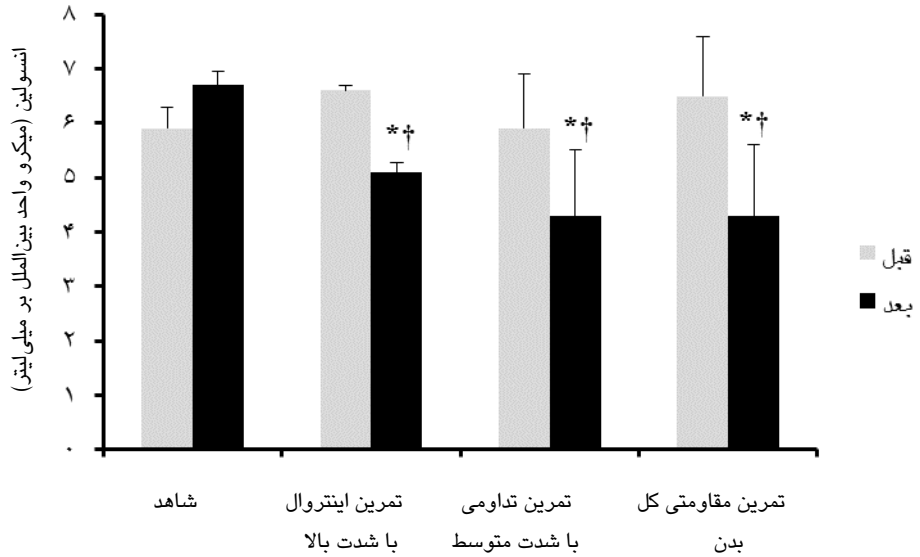
نتایج به دست آمده هم‌چنین نشان داد که مدل کلی شامل گروه‌ها و سطح اولیه گلوکز توانست ۵۴/۲٪ از تغییرات سطح گلوکز پس از سازگاری به انواع تمرین را تبیین کند و از نظر آماری معنی‌دار بود (η^2=۰/۵۴، p≤۰/۰۰۱، F=۱۲/۷۴). اثر سطح پایه گلوکز بر مقادیر نهایی گلوکز معنادار نبود(η^2=۰/۰۸۵، p≤۰/۰۵۲، F=۴/۰۰). اثر گروه بر سطح گلوکز پس از تمرین پس از کنترل سطح اولیه معنی‌دار بود (η^2=۰/۵۰، p≤۰/۰۰۱، F=۱۴/۵۰)، که نشان‌دهنده اثر نسبتاً بزرگ گروه بر تغییرات گلوکز پس از تمرین است. همچنین، نتایج نشان داد که تمرین ورزشی صرف‌نظر از نوع برنامه ورزشی (HIIT، MICT وTRX) موجب کاهش معنی‌دار گلوکز خون ناشتا نسبت به گروه شاهد شد، اما بین روش‌های تمرینی مختلف تفاوت معناداری مشاهده نشد (شکل ٤).

نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد که مدل کلی توانست ٦١٪ از واریانس سطح انسولین پس از تمرین را تبیین کند (η^2=۰/٦١١، p≤۰/۰۰۰۱، F=١٦/٨٩). سطح پایه انسولین نیز اثر معنی‌داری داشت (η^2=۰/١٠٥، p≤۰/۰۳، F=٥/٠٢)، که نشان می‌دهد مقادیر اولیه انسولین با تغییرات پس از مداخله مرتبط بوده است، همچنین اثر گروه مداخلات تمرینی نیز معنادار و با اندازه اثر بزرگ بود (η^2=۰/٦٠٨، p≤۰/۰۰۱، F=٢٢/٢٣). از طرفی، نتایج آزمون زوجی نشان داد که گروه شاهد در مقایسه با هر سه گروه تمرینی، سطح انسولین به طور معنی‌داری بالاتر داشت (p≤۰/۰۰۱). تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های تمرینیHIIT، MICT و TRX مشاهده نشد (p>۰/۰۵). این نتایج نشان می‌دهد که اجرای هر یک از پروتکل‌های ورزشی به کاهش معنی‌دار انسولین منجر شده است، در حالی‌که نوع تمرین تفاوت معناداری در کاهش انسولین ایجاد نکرده است (شکل ٥).



شکل ۴-سطح گلوکز خون در قبل و پس از مداخله در گروه‌های مورد مطالعه.

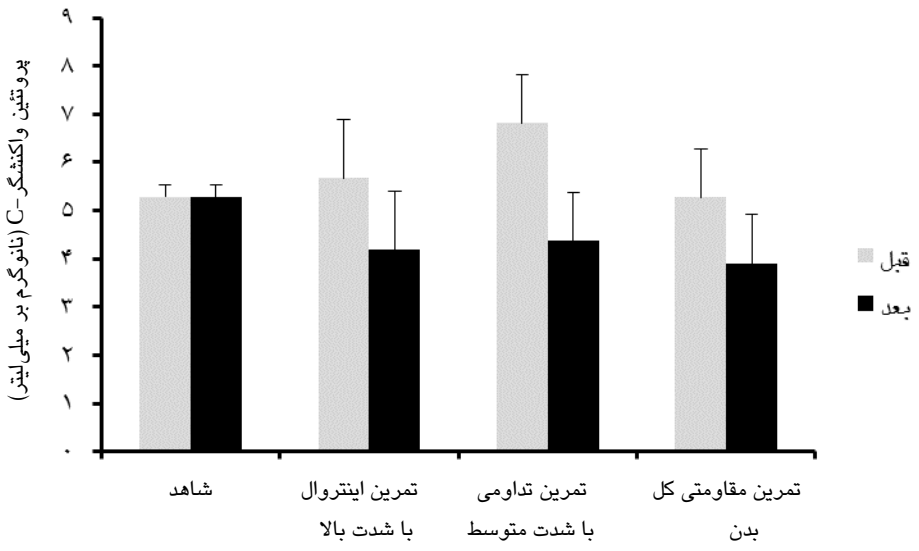
* نشانه تفاوت معنادار نسبت به پیش آزمون.† نشانه تفاوت نسبت به گروه شاهد. داده‌ها به صورت Mean±SD گزارش شده است.



شکل ۵- سطح انسولین خون در قبل و پس از مداخله در گروه‌های مورد مطالعه.

* نشانه تفاوت معنادار نسبت به پیش آزمون.† نشانه تفاوت نسبت به گروه شاهد. داده‌ها به صورت Mean±SD گزارش شده است.

نتایج آنالیز آماری برای متغیر CRP پس از مداخله نشان داد که مدل کلی معنی‌دار نبود (η^2=۰/۰۹۸، p≤۰/۳۳، F=۱/۱۶). همچنین اثر کوواریانس مقدار اولیه CRP نیز معنی‌دار نبود (η^2=۰/۰۰۶، p≤۰/۶۲۵، F=۰/۲۴). اثر گروه نیز بر CRP پس از مداخله معنی‌دار نبود (η^2=۰/۰۹۶، p≤۰/۲۲، F=۱/۵۲)، که نشان‌دهنده عدم تفاوت معنادار بین گروه‌های شاهد، HIIT، MICT و TRX است. مقایسه‌های زوجی بین گروه‌ها نیز تفاوت معناداری را نشان نداد (P>۰/۵)، هرچند میانگین اختلاف بین گروه شاهد و TRX برابر با ۱/۳۷ بود، این اختلاف از لحاظ آماری معنی‌دار نبود(p>۰/۳۴). بنابراین، مداخلات ورزشی مورد بررسی نتوانستند تأثیر معنی‌داری بر سطح CRP پس از مداخله داشته باشند (شکل ٦).



شکل ۶-سطح پروتئین واکنشگر-C خون در قبل و پس از مداخله در گروه‌های مورد مطالعه.

داده‌ها به صورت Mean±SD گزارش شده است.

بحث

از فعالیت بدنی همواره به عنوان مهم‌ترین راهبرد غیردارویی برای کاهش بافت چربی و کاهش اختلالات ناشی از آن اسم برده می‌شود.[۱۴] هدف این مطالعه مقایسه سه روش تمرین ورزشی HIIT، MICT و TRX بر کاهش وزن، مقاومت به انسولین و سطوح آیریزین،FGF-21 و CRP در نوجوان دارای اضافه وزن بود. به طور خلاصه یافته‌های این تحقیق نشان داد که تمرین HIIT، تمرین MICT و تمرین TRX به مدت ٦ هفته به ترتیب به میزان ٦٪، ٥٪ و ٣٪ موجب کاهش وزن بدن و کاهش ١٢٪،٩٪ و١٥٪ در میزان چربی بدن در افراد دارای اضافه وزن شد. این کاهش وزن و کاهش چربی بدن در راستای تغییر سطح آیریزین در پاسخ به تمرین ورزشی بود. سطح FGF-21 در گروه‌های شاهد، HIIT و TRX پس از ٦ هفته به طور غیرمعناداری کاهش پیدا کرد، اما در سطح سرمی FGF-21 در پاسخ به تمرین تداومی با شدت متوسط به طور معناداری افزایش پیدا کرد. میزان آیریزین در گروه تمرین HIIT، MICT و TRX به ترتیب به میزان ٢٠٪، ١٤٪ و ٢٨٪ نسبت به پیش آزمون به طور غیرمعناداری افزایش یافت. این تغییرات همسو با کاهش ٣٨٪، ٤٥٪ و ٤٢٪ مقاومت به انسولین و کاهش غیرمعنادار ٢٦٪، ٣٤٪ و ٢٤٪ CRP در سازگاری به تمرین HIIT، تمرین MICT و تمرین TRX در پسران نوجوان دارای اضافه وزن بود. همچنین، نتایج نشان داد که تمرین ورزشی HIIT، MICT و TRX به مدت ٦ هفته موجب کاهش ٢٣٪، ١٨٪ و ٢٥٪ گلوکز و کاهش ١٤٪، ١٧٪ و ٢٥٪ سطح انسولین می‌شود. در این مطالعه، تحلیل کوواریانس نشان داد که تمرین گروه MICT منجر به افزایش معنادار سطح FGF-21 نسبت به گروه‌های شاهد، HIIT و TRX شد، در حالی‌که هیچ تفاوت معناداری در سطح نهایی آیریزین بین گروه‌ها مشاهده نشد. همچنین، هر سه نوع تمرین ورزشی HIIT، MICT وTRX، بدون تفاوت معنادار بین روش‌های تمرینی، به طور معناداری مقاومت به انسولین، گلوکز ناشتا و انسولین خون را نسبت به گروه شاهد کاهش دادند. نتایج مربوط به CRP حاکی از عدم تأثیر معنادار مداخلات ورزشی بر این شاخص التهابی بود. به طور کلی، تمرین ورزشی در بهبود متابولیک اثرگذار بودند ولی تأثیر بر شاخص‌های التهابی در پسران نوجوان دارای اضافه وزن محدود بود.

هم‌راستا با یافته‌های این تحقیق؛ ریان[i] و همکاران در سال ۲۰۲۰ نشان دادند که تمرین HIIT و MICT به مدت ۱۲ هفته موجب افزایش ۱۰ درصدی اوج اکسیژن مصرفی، افزایش ٤٠ درصدی در گلیکوژن عضله و افزایش ۲۰ درصدی در حساسیت به انسولین در مردان چاق گردید. نتایج یافته‌های ریان و همکاران نشان داد که تفاوت معناداری بین مزایای به دست آمده در افراد چاق در گروه‌های HIIT و MICT وجود نداشت. همچنین شاخص توده بدنی، توده

i-Ryan

چربی و توده بدون چربی در پاسخ به هر دو نوع تمرین ورزشی تغییر معناداری نکرد.[۱۵] همچنین محققان نیوزلندی در سال ۲۰۱۸ نشان دادند که ۱۲ هفته تمرین HIIT و MICT همراه با تمرین مقاومتی به یک انداز موجب کاهش HbA_1c و کاهش توده چربی در مردان چاق مبتلا به دیابت نوع دو می-شود.[۱۶] از طرفی، بونفانت[i] و همکاران در سال ۲۰۱۷ نشان دادند که تمرین ترکیبی به مدت ۲٤ هفته موجب کاهش وزن و عدم تغییر سطح آیریزین FNDC-5 در مردان چاق می شود، این در حالی بود که سطح آیریزین FNDC-5 در گروه شاهد به طور معناداری کاهش پیدا کرده بود.[۱۷،۱۸] همچنین، ژانگ[ii] و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که ۸ هفته MICT نسبت به تمرین HIIT موجب افزایش FGF-21 سرم در موش‌های چاق می‌شود.[۱۹] در مقابل، جیا[iii] و همکاران در سال ۲۰۱۸ نشان دادند که تمرین هوازی و تمرین مقاومتی موجب کاهش چربی بدن، کاهش مقاومت به انسولین و افزایش آیریزین در بیماران مبتلا به کبد چرب غیر الکلی گردید، جیان و همکاران نشان دادند که میزان افزایش آیریزین در پاسخ به تمرین مقاومتی به طور معناداری بیشتر از میزان افزایش آیریزین در پاسخ به تمرین هوازی بود.[۲۰] ریاحی[iv] در سال ۲۰۲٤ نشان داد که تمرین HIIT برخلاف تمرین MICT موجب افزایش آیریزین نسبت به گروه شاهد در مردان مبتلا به دیابت نوع دو گردید. برزگری و همکاران در سال ۲۰۲۳ نشان دادند که ۸ هفته تمرین HIIT و MICT با اثرگذاری بر آیریزین موجب بهبود حساسیت به اسولین در مردان ۳۰ تا ٤۰ ساله دارای اضافه وزن می شود. این محققین گزارش کردند که اثر تمرین MICT نسبت به تمرین HIIT در کاهش مقاومت به انسولین از طریق افزایش آیریزین تا حدودی بیشتر است.[۲۱] در این راستا، برخی از منابع کاهش آیریزین را یکی از عوامل اصلی ایجاد مقاومت به انسولین در شرایط بیماریزایی مختلف بر شمرده‌اند.[۲۲] کونگ[v] و همکاران (۲۰۱٦) نشان دادند که ٦ هفته تمرین HIIT نسبت به MICT منجر به کاهش بیشتر گلوکز خون در زنان چاق جوان می‌شود. این محققین نشان دادند که سطح FGF-21 در بین دو گروه در قبل و پس از مداخله تمرینی تفاوت معناداری نداشت.[۲۳] اما خلاف یافته‌های این پژوهش، کرمپاتسو[vi] و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند که یک سال سبک زندگی پر تحرک همراه با ملاحضات تغذیه‌ای از طریق کاهش آیریزین و عدم تغییر FGF-21 موجب کاهش معنادار در BMI و هموگلوبین گلیکوزیله در کودکان و نوجوانان چاق و دارای اضافه وزن می‌شود.[۲٤] از جمله عوامل موثر در اختلاف یافته‌های این پژوهش با مطالعه کرمپاتسو و همکاران می‌توان به دامنه سنی شرکت کنندگان در مطالعه کرمپاتسو اشاره کرد که افراد ۲ تا ۱۸ ساله بودند و همچنین برخی از شرکت‌کنندگان دارای چاقی و چاقی مفرط بودند. از طرفی در مطالعه سوفیا از ورزش سازمان دهی شده استفاده نشده بود.

یافته‌های این مطالعه نشان داد که تمرین HIIT ، MICT و TRX به مدت ٦ هفته همگی موجب کاهش یکسان وزن و درصد چربی بدن شدند و این کاهش با بهبود مقاومت به انسولین در هر سه گروه هم‌زمان بود. این یافته نشان می‌دهد که کاهش بار متابولیک ناشی از چربی بدن احتمالاً سهم مهمی در بهبود حساسیت انسولینی داشته است، حتی در شرایطی که تغییرات شاخص‌های میوکاینی مختلف به فعالیت بدنی متفاوت بودند.

به طور خاص، افزایش FGF-21 فقط در گروه MICT مشاهده شد که بیانگر حساسیت بیشتر مسیرهای کبدی و بافت چربی به تمرین پایدار و متوسط است. این مسیر با افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب و کاهش چربی احشایی مرتبط است. تقویت حساسیت به انسولین در این مطالعه ممکن است عمدتاً از مسیرهای کبدی و بافت چربی تحت تأثیر FGF-21 هدایت شده باشد، نه افزایش مزمن آیریزین. به‌واقع، تمرین MICT با ایجاد استرس متابولیک پایدار و فعال‌سازی مسیرهای AMPK–PGC-1α احتمالاً موجب افزایش ترشح FGF-21، افزایش اکسیداسیون چربی، کاهش چربی احشایی و ارتقای برداشت گلوکز محیطی می‌شود. یافته‌های پژوهش حاضر را می‌توان در چارچوب اثرات متابولیکی FGF-21 بر بافت‌های مختلف تبیین کرد. شواهد پیشین نشان می‌دهد که FGF-21 نقش مهمی در تنظیم هومئوستاز انرژی و متابولیسم لیپیدی ایفا می‌کند. این عامل در کبد با افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب و کاهش جریان لیپیدی از طریق تقویت کاتابولیسم لیپوپروتئین‌های محیطی و مهار لیپولیز آدیپوسیت‌ها در بیماران دیابتی عمل

i-Bonfante
ii-Zhang
iii-Jia
iv-Riahy
v-Kong
vi-Karampatsou

می‌کند.[۲۵] در بافت چربی سفید، FGF-21 موجب کاهش لیپولیز، افزایش حساسیت به انسولین و تحریک ترشح آدیپونکتین می‌شود[۲۶] که این تغییرات می‌تواند بخشی از اثرات محافظتی آن در برابر پیامدهای متابولیکی چاقی از جمله هیپرگلیسمی، مقاومت به انسولین و دیس‌لیپیدمی را توضیح دهد.[۲۷] علاوه بر این، در بافت چربی قهوه‌ای، FGF-21 برداشت گلوکز، لیپولیز و ترموژنز را افزایش می‌دهد که این فرآیندها در بهبود تعادل انرژی و افزایش مصرف انرژی نقش کلیدی دارند.[۲۸،۲۹] از طرفی نشان داده شده است که FGF-21 از طریق PGC1-α موجب افزایش ظرفیت اکسایشی میتوکندری و افزایش انرژی مصرفی و در نتیجه کاهش وزن می‌گردد.[۳۰]

با توجه به این سازوکارها، به نظر می‌رسد که تغییرات مشاهده‌شده در شاخص‌های متابولیکی مطالعه حاضر می‌تواند ناشی از تعامل FGF-21 با مسیرهای تنظیمی در بافت‌های چربی و کبد باشد. مرور انجام شده توسط شی[i] و همکاران (۲۰۲۲) نیز طیف وسیعی از اثرات بافتی این عامل را تأیید کرده است[۳۱] که یافته‌های ما با این گزارش‌ها همسو است. به طور کلی، این شواهد بیانگر آن است که FGF-21 می‌تواند به‌عنوان یک هدف درمانی بالقوه برای بهبود اختلالات متابولیکی ناشی از چاقی و بیماری‌های قلبی-عروقی مورد توجه قرار گیرد.

از طرفی، آیریزین در هیچ‌یک از گروه‌ها تغییر معنی‌داری نداشت، که نشان می‌دهد بهبود مقاومت انسولین در این مطالعه عمدتاً مستقل از مسیرهای وابسته به آیریزین رخ داده و احتمالاً اثرات آیریزین بیشتر حاد و کوتاه‌مدت هستند. در مقابل، فقدان افزایش مزمن آیریزین نشان می‌دهد که ترشح این میوکاین غالباً به پاسخ‌های حاد تمرینی وابسته است و نمی‌تواند به عنوان سازگاری مزمن تلقی شود؛ مشاهدات مشابه در متاآنالیزها گزارش شده که تغییرات ناشی از ورزش بر آیریزین ناپایدار و با شدت بالا ماندگارتر است.[۳۲،۳۳]

عدم تغییر معنادار CRP نشان می‌دهد که کاهش التهاب فراگیر نیازمند زمان طولانی‌تر یا مداخله ترکیبی با رژیم غذایی است، زیرا کاهش وزن و چربی بدن در مدت مداخله هنوز برای ایجاد پاسخ التهابی فراگیر کافی نبوده است.

در مجموع، یافته‌ها نشان می‌دهند که کاهش وزن و درصد چربی بدن، همراه با افزایش FGF-21 در MICT، مهم‌ترین عوامل بهبود مقاومت انسولینی بوده‌اند؛ در حالی‌که عدم تغییر آیریزین و CRP نشان می‌دهد که اثرات ضدالتهابی و مسیرهای میوکاینی ممکن است در مداخله طولانی مدت بروز کنند.

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های این پژوهش، هر سه نوع تمرین HIIT، MICT و TRX موجب کاهش مشابه گلوکز، انسولین و مقاومت به انسولین شدند، در حالی‌که تنها MICT باعث افزایش معنی‌دار FGF-21 گردید و سطح آیریزین و CRP بین گروه‌ها تفاوت معناداری نداشت. این الگو نشان می‌دهد که مسیرهای فیزیولوژیکی متفاوتی ممکن است در تعدیل متابولیسم گلوکز پس از انواع تمرین ورزشی نقش داشته باشند. با وجود کاهش وزن و درصد چربی مشابه بین گروه‌های تمرینی، به نظر می‌رسد بهبود حساسیت به انسولین عمدتاً ناشی از تغییرات ترکیب بدن و افزایش FGF-21 است، در حالی‌که مسیرهای وابسته به آیریزین و التهاب فراگیر نقش کمتری داشته‌اند.

سپاس‌گزاری: از تمامی شرکت‌کنندگان در پژوهش و کسانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری رساندند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

تضاد منافع: نویسندگان این مقاله، هیچ تضاد منافعی در پژوهش حاضر ندارند.

i-She et al.

References

1. Ridgway E, Baker P, Woods J, Lawrence M. Historical developments and paradigm shifts in public health nutrition science, guidance and policy actions: a narrative review. Nutrients 2019; 11: 531.
2. Organization WH. Obese and overweight. 2024. Available from: URL: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight
3. Grundy SM. Metabolic syndrome update. Trends Cardiovasc Med 2016; 26: 364-73.
4. Khan IU. Irisin: As a Therapeutic target for metabolic disorders. Journal of Endocrinology and Metabolism 2018; 8: 87-93.
5. Gizaw M, Anandakumar P, Debela T. A review on the role of irisin in insulin resistance and type 2 diabetes mellitus. J Pharmacopuncture 2017; 20: 235.
6. Pardo M, Crujeiras AB, Amil M, Aguera Z, Jiménez-Murcia S, Baños R, et al. Association of irisin with fat mass, resting energy expenditure, and daily activity in conditions of extreme body mass index. Int J Endocrinol 2014; 2014: 857270.
7. Fukushima Y, Kurose S, Shinno H, Cao Thi Thu H, Tamanoi A, Tsutsumi H, et al. Relationships between ser-

um irisin levels and metabolic parameters in Japanese patients with obesity. Obes Sci Pract 2016; 2: 203-9.
8. Stein S, Stepan H, Kratzsch J, Michael V, Hans-Joachim V, Kathrin D, et al. Serum fibroblast growth factor 21 levels in gestational diabetes mellitus in relation to insulin resistance and dyslipidemia. Metabolism 2010; 59: 33-7.
9. Staiger H, Keuper M, Berti L, Hrabě de Angelis M, Häring H-U. Fibroblast growth factor 21—metabolic role in mice and men. Endocr Rev 2017; 38: 468-88.
10. Fisher FM, Chui PC, Antonellis PJ, Bina HA, Kharitonenkov A, Flier JS, et al. Obesity is a fibroblast growth factor 21 (FGF21)-resistant state. Diabetes 2010; 59: 2781-9.
11. Olver TD, Laughlin MH. Endurance, interval sprint, and resistance exercise training: impact on microvascular dysfunction in type 2 diabetes. Am J Physiol Heart Circ Physiol 2016; 310: H337-H350.
12. Hejazi K, Ghahremani Moghaddam M, Darzabi T. Effects of an 8-week aerobic exercise program on some indicators of oxidative stress in elderly women. Iranian Journal of Ageing 2019; 13: 506-17.
13. Rahimi M, Nazarali P, Alizadeh R. Pilates and TRX training methods can improve insulin resistance in overweight women by increasing an exercise-hormone, Irisin. J Diabetes Metab Disord 2021; 20: 1455-60.
14. Okay DM, Jackson PV, Marcinkiewicz M, Papino MN. Exercise and obesity. Prim Care 2009; 36: 379-93.
15. Ryan BJ, Schleh MW, Ahn C, Alison C, Jenna B, Pallavi V, et al. Moderate-intensity exercise and high-intensity interval training affect insulin sensitivity similarly in obese adults. J Clin Endocrinol Metab 2020; 105: e2941-e2959.
16. Wormgoor SG, Dalleck LC, Zinn C, Borotkanics R, Harris NK. High-intensity interval training is equivalent to moderate-intensity continuous training for short-and medium-term outcomes of glucose control, cardiometabolic risk, and microvascular complication markers in men with type 2 diabetes. Front Endocrinol (Lausanne) 2018; 9: 475.
17. Bonfante ILP, Chacon-Mikahil MPT, Brunelli DT, Fernandes G, Renata G, Wendell A, et al. Combined training, FNDC5/irisin levels and metabolic markers in obese men: A randomised controlled trial. Eur J Sport Sci 2017; 17: 629-37.
18. Riahy S. The effects of 12 weeks of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on FGF21, irisin, and myostatin in men with type 2 diabetes mellitus. Growth Factors 2024; 42: 24-35.
19. Zhang Y, Sheng L, Liu X-W, Juan W, Xiu-Juan L, Nian-Yun Z, et al. Effects of different exercise on liver lipid accumulation and FGF21 secretion in obese rats. Zhongguo Ying Yong Sheng Li Xue Za Zhi 2022; 38: 47-52.
20. Jia G, Han T, Gao L, Wang L, Wang C, Yang L, et al. Effect of aerobic exercise and resistance exercise in improving non-alcoholic fatty liver disease: a randomized controlled trial. Zhonghua Gan Zang Bing Za Zhi 2018; 26: 34-41.
21. Barzegari A, Asad MR, Dashti KhavIdaki MH, Eri E. The effect of high-Intensity interval training and moderate-intensity continuous training on serum irisin levels and insulin resistance in overweight men. Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport 2023; 11: 34-46.
22. Yang Z, Chen X, Chen Y, Zhao Q. Decreased irisin secretion contributes to muscle insulin resistance in high-fat diet mice. Int J Clin Exp Pathol 2015; 8: 6490.
23. Kong Z, Sun S, Liu M, Shi Q. Short-term high-intensity interval training on body composition and blood glucose in overweight and obese young women. J Diabetes Res 2016; 2016: 4073618.
24. Karampatsou SI, Genitsaridi SM, Michos A, et al. The effect of a life-style intervention program of diet and exercise on irisin and FGF-21 concentrations in children and adolescents with overweight and obesity. Nutrients 2021; 13: 1274.
25. Kaufman A, Abuqayyas L, Denney WS, Tillman EJ, Rolph T. AKR-001, an Fc-FGF21 analog, showed sustained pharmacodynamic effects on insulin sensitivity and lipid metabolism in type 2 diabetes patients. Cell Rep Med 2020; 1: 100057.
26. Turer A, Scherer P. Adiponectin: mechanistic insights and clinical implications. Diabetologia 2012; 55: 2319-26.
27. Yamauchi T, Kamon J, Minokoshi Ya, Ito Y, Waki H, Uchida S, et al. Adiponectin stimulates glucose utilization and fatty-acid oxidation by activating AMP-activated protein kinase. Nat Med 2002; 8: 1288-1295.
28. Babaknejad N, Nayeri H, Hemmati R, Bahrami S, Esmaillzadeh A. An overview of FGF19 and FGF21: the therapeutic role in the treatment of the metabolic disorders and obesity. Horm Metab Res 2018; 50: 441-52.
29. Vecchiatto B, de Castro TL, Muller CR, Azevedo-Martins AK, Evangelista FS. Physical exercise-induced FGF-21 to fight obesity: An update review. Obesities 2022; 2: 372-9.
30. Woo Y, Xu A, Wang Y, Lam KS. Fibroblast growth factor 21 as an emerging metabolic regulator: clinical perspectives. Clin Endocrinol 2013; 78: 489-96.
31. She Q-Y, Bao J-F, Wang H-Z, Liang H, Huang W, Wu J, et al. Fibroblast growth factor 21: a “rheostat” for metabolic regulation? Metabolism 2022; 130: 155166.
32. Jandova T, Buendia-Romero A, Polanska H, Veronika H, Marcela R, Tomas V, et al. Long-term effect of exercise on Irisin blood levels—systematic review and meta-analysis. Healthcare (Basel) 2021; 9: 1438.
33. Kazeminasab F, Sadeghi E, Afshari-Safavi A. Comparative Impact of Various Exercises on Circulating Irisin in Healthy Subjects: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. Oxid Med Cell Longev 2022; 2022: 8235809.

Original Article

Comparison of the Effect of High Intensity Interval Training, Moderate- Intensity Continuous Training and Functional Total Body Resistance Exercise on Insulin Resistance and Serum Irisin and FGF-21 in Overweight Adolescent Boys

Zarrinkalam E[1], Ranjbar K[2]

[1]Department of Exercise Physiology, Ha.C., Islamic Azad University, Hamedan, Iran, [2]Department of Exercise Physiology, BA.C., Islamic Azad University, Bandar Abbas, I.R. Iran

e-mail: kamal_ranjbar@iau.ac.ir

Received: 23/06/2025 **Accepted**: 11/08/2025

Abstract

Introduction: Irisin and FGF-21 play an important role in the relationship between adipose tissue, skeletal muscle, and glucose homeostasis. Exercise modality can also be effective. This study aimed to compare the effect of different exercise training modes on serum irisin, FGF-21, and insulin resistance in overweight adolescent boys. Material and Methods: Fourty-eight eligible overweight adolescent boys were distributed in the following groups: control, high intensity interval training (HIIT), Moderate intensity Continuous Training (MICT), and Total Body Resistance Exercise (TRX). Different training modes were performed for 6 weeks. Before and after different types of exercise training, serum levels of irisin, FGF-21, and insulin resistance were measured. ANCOVA was used for statistical analyses. Results: BMI, weight, and body fat percentage, insulin, and glucose after training in the HIIT, MICT, and TRX groups were lower than in the control group. Despite the insulin resistance reduction and irisin promotion in response to different training, the levels of irisin and insulin resistance were not different between training groups ($p>0.05$), but FGF-21 in the MICT group was higher than in the TRX group ($p\leq0.05$). Conclusion: In general, the results of this research showed that all three HIIT, MICT, and TRX training models led to a reduction in body fat, an increase in functional capacity, and glucose homeostasis amelioration to the same extent. The equal reduction in insulin resistance in response to various exercise modalities appears to occur through pathways independent of irisin, with the role of FGF-21 being more pronounced in MICT.

Keywords: Exercise training, Overweight boys, Insulin resistance, Irisin, FGF-21