

# تأثیر تمرین مقاومتی شدید بر سطوح آیریزین و عامل رشد فیبروبلاست ۲۱ در مردان دارای اضافه وزن

مرتضی حاجی نیا<sup>۱</sup>، امیرحسین حقیقی<sup>۲\*</sup>، رویا عسکری<sup>۳</sup>

۱. دکترای تخصصی فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران  
 ۲. دانشیار، دکترای تخصصی فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران  
 ۳. استادیار، دکترای فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

## چکیده

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۸  
 تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۲۱

**زمینه و هدف:** چاقی، اختلال متابولیکی است که از طریق افزایش هزینه انرژی و تحریک عوامل مرتبط با قهوه‌ای شدن بافت چربی سفید، قابل کنترل و پیشگیری است. هدف از تحقیق حاضر، بررسی تأثیر تمرین مقاومتی شدید بر سطوح آیریزین و عامل رشد فیبروبلاست ۲۱ در مردان دارای اضافه وزن بود.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه نیمه تجربی، ۲۰ مرد دارای اضافه وزن (میانگین ۳۶/۵۶±۳/۳۳ سال و نمایه توده بدن ۲۹/۳±۴۱/۰۲ کیلوگرم بر مترمربع) از طریق فراخوان انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه تمرین مقاومتی شدید و کنترل قرار گرفتند. برنامه گروه مقاومتی به صورت دایره‌ای با شدت ۸۵-۸۰ درصد یک تکرار بیشینه، سه جلسه در هفته به مدت هشت هفته انجام شد. ۲۴ ساعت قبل و ۴۸ ساعت بعد از دوره تمرینی سطوح سرمی آیریزین و عامل رشد فیبروبلاست ۲۱ (FGF21) از همه آزمودنی‌ها در حالت ناشتا اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها به وسیله آزمون تی همبسته و آنکوا در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ < P انجام شد.

**یافته‌ها:** سطوح سرمی آیریزین و FGF21 در گروه تمرین مقاومتی شدید در مقایسه با گروه کنترل افزایش معناداری را نشان داد (P<۰/۰۱). وزن بدن، BMI و درصد چربی بدن در گروه تمرین مقاومتی شدید در مقایسه با گروه کنترل، کاهش معناداری را نشان داد؛ در حالی که در گروه کنترل، افزایش معناداری مشاهده شد (P<۰/۰۱).

**نتیجه‌گیری:** به نظر می‌رسد تمرین مقاومتی شدید می‌تواند به‌عنوان گامی مؤثر در تبدیل بافت چربی سفید به قهوه‌ای و بهبود ترکیب بدنی افراد دارای اضافه وزن و چاقی مورد تأکید قرار گیرد.

## کلیدواژه‌ها:

تمرین مقاومتی، آیریزین، عامل رشد فیبروبلاست ۲۱، ترکیب بدن، چاقی

## ۱. مقدمه

چاقی، یک بیماری چند علیتی است که آثار نامطلوبی بر تندرستی و پیامدهای اقتصادی دارد [۱]. بافت چربی به‌عنوان عامل به‌وجودآورنده چاقی از دو جزء عملکردی متفاوت تشکیل شده است: بافت چربی سفید که محل ذخیره انرژی است و بافت

چربی قهوه‌ای که به دلیل بیان پروتئین جفت نشده نوع ۱ (UCP1) و افزایش حجم میتوکندریایی، نقش گرم‌زایی دارد و باعث مصرف انرژی و تبدیل آن به گرما می‌شود [۲].

یکی از هورمون‌هایی که با تحریک بیان ژن UCP1، فعالیت بافت چربی قهوه‌ای را افزایش می‌دهد فاکتور رشد فیبروبلاست ۲۱ (FGF21) است. به‌عنوان یک آدیپوکاین<sup>۳</sup>،

3. Adipokines

1. Uncoupling protein1  
 2. Fibroblast growth factor 21

\* نویسنده مسئول: امیرحسین حقیقی

نشانی: خراسان رضوی - سبزوار - دانشگاه حکیم سبزواری، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی

تلفن: ۰۵۱۴۴۴۱۰۱۰۴

رایانامه: haghghi@hsu.ac.ir

شناسه ORCID: 0000-0002-7258-9737

شناسه ORCID نویسنده اول: 0000-0001-8419-6562

مجله علمی - پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، دوره ۲۸، شماره ۳، مرداد و شهریور ۱۴۰۰، ص ۴۶۵-۴۵۷

آدرس سایت: <http://jsums.medsab.ac.ir> رایانامه: [journal@medsab.ac.ir](mailto:journal@medsab.ac.ir)

شاپای چاپی: ۱۶۰۶-۷۴۸۷

باعث کاهش وزن، درصد چربی بدن، دور کمر و افزایش قدرت عضلانی بیشتری می‌شود [۱۶]. همچنین، قابل تحمل‌تر، عملی و بی‌خطر می‌باشد [۱۷]. با توجه به نتایج ضد و نقیض مطالعات در زمینه تأثیر فعالیت‌های مختلف ورزشی بر سطوح سرمی FGF21 و آیریزین، به بررسی تأثیر تمرین مقاومتی شدید بر سطوح سرمی FGF21 و آیریزین در مردان دارای اضافه‌وزن پرداخته شد.

## ۲. مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع مداخله‌ای- نیمه‌تجربی با کد IR.HSU.REC.1399.003 مورد تأیید کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه حکیم سبزواری قرار گرفت. همچنین کد ثبت را از مرکز ثبت کارآزمایی‌های بالینی ایران (IRCT20200412047049N1) دریافت کرد. جامعه آماری تحقیق، مردان دارای اضافه‌وزن و چاق ۳۰ تا ۴۵ ساله (میانگین سن  $36/56 \pm 3/33$  سال و شاخص توده بدن  $29/41 \pm 3/02$  کیلوگرم بر مترمربع) مراجعه‌کننده به سالن‌های ورزشی شهرستان بردسکن بودند که از طریق فراخوان، حاضر به همکاری شدند. این افراد به روش هدفمند انتخاب شدند و به‌صورت تصادفی در دو گروه تمرین مقاومتی شدید (۱۰ نفر) و گروه کنترل (۱۰ نفر) قرار گرفتند. از همه آزمودنی‌ها رضایت‌نامه آگاهانه کتبی شرکت در تحقیق اخذ گردید. معیار ورود به تحقیق شامل، نداشتن سابقه بیماری‌های قلبی-عروقی، دیابت، فشارخون، کبدی، کم‌کاری غده تیروئید و ضایعه جسمی و مشکل ارتوپدی و همچنین اجرا نکردن فعالیت ورزشی منظم در شش ماه منتهی به زمان انجام تحقیق حاضر بود. معیارهای خروج از مطالعه شامل، تمایل نداشتن آزمودنی‌ها به ادامه همکاری در طول مطالعه یا بروز هرگونه آسیب در حین اجرای تمرینات در نظر گرفته شد. قبل از شروع برنامه تمرین، ابتدا قد و وزن آزمودنی‌ها به روش استاندارد اندازه‌گیری شد. شاخص توده بدن (BMI) از طریق فرمول وزن (کیلوگرم) بر مجذور قد (مترمربع) محاسبه شد. چربی زیرپوستی آزمودنی‌ها با استفاده از کالیپر در سه ناحیه سینه، شکم و ران در سمت راست بدن در سه نوبت و در فاصله ۲۰ ثانیه بین هر نوبت برای برگشت به حالت اولیه صورت گرفت و میانگین سه نوبت ثبت و چگالی بدن از طریق فرمول جکسون و پولاک<sup>۵</sup> اندازه‌گیری شد [۱۸]، سپس درصد چربی بدن با استفاده از فرمول سیری<sup>۶</sup> محاسبه گردید [۱۸].

+ (مجموع سه نقطه \* ۰/۰۰۰۸۲۶۷) - ۱/۱۰۹۳۸۰۰ = چگالی بدن - (سن \* ۰/۰۰۰۲۵۷۴) (مجموع سه نقطه \* ۰/۰۰۰۰۱۶)

هیپاتوکاین<sup>۱</sup> و مایوکاین<sup>۲</sup> شناخته می‌شود [۳]. در انسان، FGF21 گردش خون پس از یک دوره روزه‌داری طولانی‌مدت، ورزش، دیابت نوع دو، کبد چرب<sup>۳</sup>، کبد چرب غیرالکلی<sup>۴</sup>، چاقی و در طول بیماری و خیم افزایش می‌یابد [۴]. FGF21 منجر به اکسیداسیون اسیدهای چرب و تولید اجسام کتون شده و لیپوژنز را مهار می‌کند [۳].

هورمون دیگری که در سال ۲۰۱۲ شناسایی شد تحت عنوان آیریزین<sup>۵</sup> است. آیریزین به‌عنوان یک آدیپوکاین و مایوکاین وابسته به PGC1 $\alpha$  شناخته می‌شود و با تحریک بیان ژن UCP1 باعث تبدیل بافت چربی سفید به قهوه‌ای می‌شود [۵]. آیریزین به‌واسطه افزایش هزینه انرژی و بهبود نیم‌رخ متابولیکی باعث افزایش لاغری و بهبود چاقی، دیابت نوع دو، مقاومت به انسولین و سایر بیماری‌های متابولیکی از طریق بهبود گلوکز مصرفی می‌شود [۶]. در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در راستای فعال کردن و افزایش بافت چربی قهوه‌ای به‌عنوان راهی برای پیشگیری و درمان اضافه‌وزن و چاقی انجام شده است. ارتباط بین ورزش و FGF21 به‌طور گسترده بررسی نشده و اثر انواع فعالیت ورزشی بر FGF21 ناهمسو و نیازمند مطالعه بیشتر است [۷]. به‌طوری‌که برخی افزایش [۸]، کاهش [۹] و عدم تغییر [۱۰] را نشان دادند.

اهمیت آیریزین به‌عنوان هدف درمانی برای چاقی به‌خوبی شناخته شده است اما تغییرات سطح آیریزین گردش خون به‌دنبال انواع مختلف تمرین به‌طور کامل شناخته نشده است و بیشتر مطالعات انسانی نتایج متناقضی را نشان می‌دهند [۱۳-۱۱]. غلظت آیریزین تحت تأثیر شدت، مدت و نوع فعالیت ورزشی می‌باشد [۱۳-۱۱].

هر چند در رابطه با اهمیت فعالیت بدنی، توافق جمعی وجود دارد اما نوع تمرین ایده‌آل و مناسب به‌منظور کاهش وزن و بهبود سلامتی هنوز مشخص نیست [۱۴]. اینکه چه نوع فعالیتی با چه شدتی برای کاهش وزن، بهبود ترکیب بدنی، افزایش ترشح آیریزین و FGF21 مؤثر باشد، نیازمند مطالعه بیشتر است. با افزایش شدت فعالیت بدنی، به‌واسطه افزایش هزینه انرژی، کاهش وزن بیشتر و سریع‌تر اتفاق می‌افتد؛ بنابراین فعالیت‌های بدنی شدید می‌تواند روش درمانی کارآمدتری برای چاقی باشد [۱۵]. تمرین مقاومتی شدید ممکن است مزایای متابولیکی برابر یا بیشتری از سایر اشکال تمرینات داشته باشد. تمرینات دایره‌ای شدید نسبت به تمرینات دایره‌ای با شدت کم

5. Irisin  
6. Jackson & Pollock  
7. Siri

1. hepatokines  
2. myokines  
3. steatosis  
4. non-alcoholic steatohepatitis

$$100 * (4/5 - (4/95) \text{ بدن}) = \text{درصد چربی بدن}$$

VO<sub>2</sub>max از طریق آزمون راه رفتن یک مایل (۱۶۰۹ متر) راکپورت اندازه گیری شد [۱۸]. در این آزمون، شخص مسافت یک مایل را به صورت پیاپی روی و با حداکثر سرعت طی می کند و ضربان قلب شخص در پایان آزمون اندازه گیری می شود. سپس با استفاده از معادله زیر VO<sub>2</sub>max برآورد می شود (ضریب جنس برای مردان = ۱ و زنان = ۰).

$$\text{VO}_2\text{max (ml.kg.min}^{-1}\text{)} = 132/853 - 0/0769 (\text{وزن}) - 3/2649 (\text{زمان}) - 6/315 (\text{جنس}) + 0/3877 (\text{سن})$$

$$\text{ضربان قلب (} 1/1565 \text{)}$$

۲۴ ساعت قبل از اولین جلسه تمرین و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینات از آزمودنی ها در شرایط ۱۲ ساعت ناشتایی در ساعت ۷:۳۰ صبح، نمونه گیری خون به میزان ۱۰ میلی لیتر از ورید بازویی گرفته و در لوله های آزمایشی بدون ماده ضد انعقاد ریخته شد [۸]. به منظور کاهش زمان ماندن نمونه در شرایط آزمایشگاهی، طی پنج دقیقه آنکوباسیون در دمای محیط و تشکیل لخته، بلافاصله نمونه ها سانتریفیوژ شد (با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه، به مدت ۵ دقیقه) و محلول سرم از لخته جدا گردید و جهت اندازه گیری سطوح آیریزین و FGF21 مورد استفاده قرار گرفت. سطح سرمی آیریزین به روش الایزا با استفاده از کیت تحقیقاتی مخصوص نمونه های انسانی (ساخت کمپانی استیوفارم چین، تهیه شده از شرکت تروند سینا، اصفهان، ایران) با حساسیت ۰/۷۸ نانوگرم در میلی لیتر و ضریب تغییرات ۷/۲ درصد، سطح سرمی FGF21 به روش الایزا با استفاده از کیت تحقیقاتی مخصوص نمونه های انسانی (ساخت کمپانی استیوفارم چین، تهیه شده از شرکت تروند سینا، اصفهان، ایران) با حساسیت ۳/۹ پیکوگرم در میلی لیتر و ضریب تغییرات ۸/۴ درصد اندازه گیری شد. برنامه گروه تمرینی هشت هفته با تواتر سه جلسه

در هفته بود. قبل از شروع پروتکل تمرین، آزمودنی ها چند جلسه را با هدف آشنایی با تمرینات در سالن بدن سازی حضور یافتند. قبل از شروع تمرین در هر جلسه، ابتدا به مدت ۱۰ دقیقه، برنامه گرم کردن (دویدن آرام، نرمش و کشش) و در پایان هر جلسه تمرینی نیز به مدت پنج دقیقه برنامه سرد کردن انجام گرفت. یک تکرار بیشینه (IRM) آزمودنی ها برای تمام حرکات از طریق قدرت بیشینه بر مبنای معادله برزیسکی<sup>۱</sup> به دست آمد [۱۹].

(۰/۲۷۸ \* تعداد تکرار تا خستگی) - ۱/۰۲۷۸ / وزنه جابه جا شده (کیلوگرم) = یک تکرار بیشینه

آزمودنی ها حرکات پرس پا، پرس سینه، پشت ران، جلو ران، جلو بازو، پشت بازو، قایقی و دراز و نشست را با شدت ۸۵-۸۰ درصد IRM [۲۰]، به صورت دایره ای با ۸-۶ تکرار و ۶۰-۳۰ ثانیه استراحت بین هر حرکت و ۱۲۰ ثانیه استراحت بین هر دور از دایره ها انجام دادند [۲۰]. در هفته اول و دوم تعداد سه دور انجام شد و هر دو هفته یک دور اضافه شد تا این که در هفته هشتم به شش دور رسید. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده ها از آزمون شاپیرو ویلک و تجانس واریانس ها از آزمون لون استفاده شد. به منظور مقایسه میانگین شاخص های دو گروه از روش تحلیل کوواریانس (ANCOVA) و برای مقایسه تغییرات درون گروهی داده ها از آزمون تی همبسته استفاده شد. کلیه عملیات آماری توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام گردید و سطح معنی داری  $P \leq 0/05$  در نظر گرفته شد.

### ۳. یافته ها

نتایج آمار توصیفی در مورد ویژگی های آنتروپومتریک در جدول ۱ نمایش داده شده است. تجزیه و تحلیل آزمون تی مستقل در پیش آزمون نشان داد که هیچ یک از متغیرهای اندازه گیری شده، بین گروه های تمرین و کنترل، تفاوت معنی داری را نشان نداد ( $P > 0/05$ ).

جدول ۱. ویژگی های آنتروپومتري آزمودنی ها

P	گروه		متغیر
	کنترل	مقاومتی شدید	
۰/۹۲	۸۹/۹۵ ± ۹/۱۲	۹۰/۳۶ ± ۹/۱۵	وزن (کیلوگرم)
۰/۸۵	۲۹/۵۱ ± ۳/۴۳	۲۹/۸۰ ± ۳/۷۱	BMI (کیلوگرم بر مترمربع)
۰/۵۰	۲۶/۳۳ ± ۳/۷۴	۲۷/۵۴ ± ۴/۲۷	درصد چربی بدن (درصد)
۰/۵۱	۴۴/۹۶ ± ۴/۲۷	۴۶/۳۷ ± ۵/۱۶	VO <sub>2</sub> max (میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم)

\* معنی داری در سطح  $P < 0/05$

جدول ۲ نشان داده شده است.

نتایج آزمون پیش فرض های آزمون کوواریانس از قبیل طبیعی بودن توزیع داده ها، همگنی واریانس ها و شیب رگرسیون در

جدول ۲. نتایج آزمون پیش فرض های آزمون کوواریانس

شیب رگرسیون		همگنی واریانس ها		توزیع طبیعی داده ها	گروه	متغیر
P	F	P	F			
۰/۵۹	۰/۲۸۸	۰/۷۵	۰/۰۹۹	۰/۵۶ ۰/۳۶	تمرین مقاومتی شدید کنترل	وزن (کیلوگرم)
۰/۹۷	۰/۰۰۱	۰/۴۱	۰/۷۰۹	۰/۵۲ ۰/۳۴	تمرین مقاومتی شدید کنترل	BMI (کیلوگرم بر مترمربع)
۰/۹۰	۰/۰۱۵	۰/۰۶	۳/۷۲۶	۰/۵۹ ۰/۰۶	تمرین مقاومتی شدید کنترل	درصد چربی بدن (درصد)
۰/۶۴	۰/۲۱۶	۰/۲۹	۱/۱۶۸	۰/۱۴ ۰/۵۳	تمرین مقاومتی شدید کنترل	VO <sub>2</sub> max (میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم)
۰/۴۵	۰/۷۱۶	۰/۷۰	۰/۱۵۲	۰/۱۵ ۰/۴۳	تمرین مقاومتی شدید کنترل	آیریزین (میکروگرم بر میلی لیتر)
۰/۶۴	۰/۲۱۹	۰/۱۳	۲/۴۰۲	۰/۲۵ ۰/۸۷	تمرین مقاومتی شدید کنترل	FGF21 (پیکوگرم بر میلی لیتر)

\* معنی داری در سطح  $P < 0/01$

درصد چربی بدن به ترتیب افزایش معنی داری برابر با ۲/۰۵، ۱/۹۹ و ۵/۰۵ درصد داشتند ( $P=0/005$ )، (جدول ۳).

بررسی تغییرات بین گروهی نشان داد که تمرین مقاومتی شدید موجب افزایش معنی دار سطح سرمی آیریزین ( $F_{17,1} = 56/79, P=0/0005$ ) و FGF21 ( $F_{17,1} = 47/19, P=0/0005$ ) در مقایسه با گروه کنترل شد. همچنین، تغییرات درون گروهی با استفاده از آزمون تی همبسته نشان داد سطح سرمی آیریزین و FGF21 در گروه تمرین در پس آزمون نسبت به پیش آزمون افزایش معنی داری برابر با ۳۶/۹۹ و ۲۰/۹۹ درصد یافت ( $P=0/005$ ). در حالی که در گروه کنترل، تغییر معنی داری مشاهده نشد.

بررسی تغییرات بین گروهی با استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد که تمرین مقاومتی شدید موجب کاهش معنی دار وزن بدن ( $F_{17,1} = 317/285, P=0/0005$ )، BMI ( $F_{17,1} = 310/281, P=0/0005$ ) و درصد چربی بدن ( $F_{17,1} = 142/572, P=0/0005$ ) در مقایسه با گروه کنترل شد. همچنین، تغییرات درون گروهی با استفاده از آزمون تی همبسته نشان داد وزن بدن، BMI و درصد چربی بدن در گروه تمرین در پس آزمون نسبت به پیش آزمون به ترتیب کاهش معنی داری برابر با ۲/۹۹، ۳/۰۸ و ۱۵/۹۰ درصد یافتند ( $P=0/005$ ) در حالی که در گروه کنترل، وزن بدن، BMI و

جدول ۳. تغییرات فاکتورهای تن سنجی و بیوشیمیایی خون در گروه های تحقیق

اندازه اثر	P	گروه		مرحله	متغیر
		کنترل	مقاومتی شدید		
۰/۹۴	۰/۰۰۰۵*	۸۹/۹۵ ± ۹/۱۲	۹۰/۳۶ ± ۹/۱۵	قبل از تمرین	وزن (کیلوگرم)
		۹۱/۸۰ ± ۹/۴۰	۸۷/۶۵ ± ۹/۲۹	بعد از تمرین	
		۰/۰۰۰۵*	۰/۰۰۰۵*	P درون گروهی	
۰/۹۴	۰/۰۰۰۵*	۲۹/۵۱ ± ۳/۴۳	۲۹/۸۰ ± ۳/۷۱	قبل از تمرین	BMI (کیلوگرم بر مترمربع)
		۳۰/۱۰ ± ۳/۴۷	۲۸/۸۸ ± ۳/۷۵	بعد از تمرین	
		۰/۰۰۰۵*	۰/۰۰۰۵*	P درون گروهی	
۰/۸۹	۰/۰۰۰۵*	۲۶/۳۳ ± ۳/۷۴	۲۷/۵۴ ± ۴/۲۷	قبل از تمرین	درصد چربی بدن (درصد)
		۲۷/۶۶ ± ۳/۷۸	۲۳/۱۶ ± ۴/۵۲	بعد از تمرین	
		۰/۰۰۰۵*	۰/۰۰۰۵*	P درون گروهی	
۰/۲۸	۰/۰۱**	۴۴/۹۶ ± ۴/۲۷	۴۶/۳۷ ± ۵/۱۶	قبل از تمرین	VO <sub>2</sub> max (میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در دقیقه)
		۴۵/۴۲ ± ۴/۴۳	۴۸/۷۹ ± ۴/۹۷	بعد از تمرین	

		P درون گروهی		
۰/۷۷	۰/۰۰۰۵*	۳/۲۶ ± ۰/۸۰	۳/۴۶ ± ۰/۸۴	قبل از تمرین
		۳/۴۴ ± ۰/۷۲	۴/۷۴ ± ۱/۰۴	بعد از تمرین
		P درون گروهی		
۰/۷۳	۰/۰۰۰۵*	۲۹۷/۴۰ ± ۲۹/۲۸	۳۱۴/۸۰ ± ۵۰/۳۴	قبل از تمرین
		۳۰۰/۱۰ ± ۳۲/۴۲	۳۸۰/۹۰ ± ۴۹/۰۸	بعد از تمرین
		P درون گروهی		
		۰/۷۲	۰/۰۰۰۵*	
		* معنی داری در سطح P < ۰/۰۱		** معنی داری در سطح P < ۰/۰۵

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که سطح سرمی آیریزین در گروه تمرین مقاومتی شدید در مقایسه با گروه کنترل، افزایش معنی داری یافت. در حالی که در گروه کنترل، تغییر معنی داری مشاهده نشد. این نتایج با نتایج برخی مطالعات همسو می باشد [۱۲، ۱۱، ۸]. از طرفی برخی مطالعات برخلاف نتایج تحقیقی حاضر، عدم تغییر یا کاهش سطوح آیریزین را به دنبال تمرینات ورزشی نشان دادند [۲۱، ۱۳]. کوردیوا<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند ۱۲ هفته تمرین ترکیبی (قدرتی- استقامتی) در مردان دارای اضافه وزن و چاق منجر به افزایش آیریزین و FNDC5 نشد. هرچند بیان PGC-1 $\alpha$  شش برابر افزایش یافت. آن‌ها بیان کردند که افزایش سطح آیریزین در عضلات به نوع فیبر عضلانی و وضعیت تمرین وابسته است. همچنین بیان کردند که عدم تغییر آیریزین می تواند به علت عواملی مانند SMAD3<sup>2</sup> باشد که بیان و شکسته شدن FNDC5 را سرکوب می کند [۱۳]. تفاوت در نتایج مطالعه کوردیوا و همکاران (۲۰۱۴) با نتایج تحقیق حاضر را می توان به عوامل مختلفی از قبیل نوع برنامه و شدت تمرین، طول دوره تمرین و تعداد آزمودنی‌ها اشاره کرد. برنامه تمرین تحقیق حاضر به صورت مقاومتی شدید انجام شد، در حالی که در تحقیق کوردیوا و همکاران (۲۰۱۴) به صورت ترکیبی انجام شد. شدت برنامه تمرین مقاومتی در تحقیق حاضر ۸۵-۸۰ درصد IRM بود که به صورت دایره‌ای انجام شد، ولی شدت برنامه تمرین مقاومتی تحقیق کوردیوا و همکاران (۲۰۱۴)، ۶۰-۵۰ درصد IRM بود، هرچند به صورت دایره‌ای انجام شد. طول دوره برنامه تمرینی تحقیق حاضر هشت هفته بود، در حالی که تحقیق ذکر شده ۱۲ هفته بود. تعداد آزمودنی‌ها در تحقیق حاضر در هر گروه ۱۰ نفر آزمودنی و در تحقیق ذکر شده ۲۹ نفر قرار داشتند. ایزد دوست و شعبانی (۱۳۹۶) دلایل عدم تغییر معنی دار سطوح آیریزین در گروه تمرین مقاومتی را به شدت کم تمرین

(۶۵-۷۵ درصد IRM)، بی کفایتی و فقدان عملکرد پروتئین-های FNDC5 به واسطه نداشتن طول کافی، بهبود قند خون و ترشح انسولین، کیت مورد استفاده و زمان خون گیری نسبت دادند [۲۱]. تفاوت در نتایج مطالعات بیان شده با نتایج تحقیق حاضر را می توان به عوامل مختلفی از قبیل چاقی و لاغری آزمودنی‌ها، نوع، شدت، مدت و حجم متفاوت برنامه تمرینی مورد استفاده نسبت داد.

در فعالیت‌های مقاومتی، به نظر می رسد آسیب‌های عضلانی ناشی از افزایش سطوح آنزیم کراتین کیناز [۲۲] و فاصله استراحتی کم (۶۰ ثانیه) بین حرکات به دلیل تجمع لاکتات بیشتر [۲۳] منجر به افزایش بیشتر سطوح آیریزین می شود. لذا از آنجاکه تمرینات مقاومتی در تحقیق حاضر با فاصله استراحتی ۶۰ ثانیه بین حرکات و با شدت بالا انجام شد، یکی از مکانیسم‌های احتمالی افزایش آیریزین می باشد.

تمرین شدید باعث افزایش سطوح لاکتات و اپی نفرین گردش خون، مولکول‌های تنظیم کننده انرژی مانند ADP، AMP، گروه‌های فسفات آزاد (Pi)، گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و سطوح کلسیم درون سلولی می شود؛ این مواد منجر به فعال شدن عوامل تنظیم کننده (AMPK، CaMk، P38-MAPK) رونویسی و فعالیت PGC1- $\alpha$  می شوند که منجر به ترشح FNDC5 و آیریزین می شوند. آیریزین محصول شکست پروتئین غشایی FNDC5 می باشد و توسط PGC1- $\alpha$  تنظیم می شود [۲۴، ۱۱]. آیریزین ترشح شده ناشی از فعالیت ورزشی به واسطه اتصال به گیرنده‌های PPAR-a در سطح بافت چربی سفید (WAT<sup>3</sup>) و بیان UCP1 منجر به تبدیل بافت چربی سفید به قهوه‌ای و جلوگیری از تجمع لیپیدها و کاهش وزن می شود [۱۱]. بوستروم<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که تزریق آیریزین در موش‌های چاق با افزایش اکسیژن مصرفی، کاهش وزن، کاهش انسولین ناشتا و افزایش بیان UCP1 و PRDM16 همراه بود [۵]. با توجه به این موارد، تمرین مقاومتی شدید در

3. White adipose tissue  
4. Boström

1. Kurdiowa  
2. SMAD Family Member 3

فعالیت ورزشی باعث فعال شدن مسیر سیگنالینگ Akt می‌شود که در پاسخ‌های سلولی همچون تنظیم FGF21 ناشی از انقباض عضلات نقش مهمی را ایفا می‌کند [۲۹]. FGF21 به گیرنده FGFR1c متصل شده و منجر به تبدیل بافت چربی سفید به قهوه‌ای از طریق فعال شدن SIRT1 می‌شود. SIRT1 از طریق دآسیلاسیون<sup>۴</sup> PGC-1 $\alpha$ ، بیان UCP-1 را القا می‌کند. UCP-1 متعاقباً با تولید گرما منجر به افزایش هزیننه انرژی بدن و کاهش وزن می‌شود [۲۹]. احتمالاً افزایش FGF21 سرمی گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل در تحقیق حاضر نیز به واسطه همین مکانیسم فعال شده است.

FGF21 لیپولیز را در سلول‌های چربی تنظیم می‌کند و بر بافت چربی و کاهش وزن اثرگذار است [۳۱،۳۰]. سطوح FGF21 گردش خون در پاسخ به فعالیت استقامتی افزایش می‌یابد و این افزایش موقت احتمالاً با افزایش FFA در گردش مرتبط می‌باشد [۲۵]. FFA، PPAR را تحریک می‌کننده که منجر به تنظیم افزایش رونویسی FGF21 می‌شوند [۳۲]. بنابراین، به نظر می‌رسد افزایش حاد FGF21 سرمی توسط FFA تنظیم شود که از منابع FFA در بافت چربی آزاد می‌شود [۹]. با توجه به اینکه در تحقیق حاضر میزان FFA گردش خون اندازه‌گیری نشده است با قاطعیت نمی‌توان در مورد تأثیر FFA بر FGF21 اشاره کرد؛ اما با توجه به کاهش عوامل مرتبط با ترکیب بدن؛ از جمله وزن، درصد چربی بدن و BMI که به‌طور غیرمستقیم بیان‌کننده افزایش مصرف FFA هستند می‌توان به تأثیر FFA بر FGF21 سرمی در گروه تمرین مقاومتی شدید اشاره کرد؛ بنابراین، به نظر می‌رسد تمرین مقاومتی شدید در تحقیق حاضر با فعال‌سازی مسیر AMPK، PI3K/AKT و افزایش  $VO_2max$ ، کاهش وزن بدن، درصد چربی بدن و BMI سطوح FGF21 را افزایش می‌دهد. پژوهش حاضر محدودیت‌هایی نیز داشت که از آن جمله می‌توان به عدم کنترل شرایط تغذیه‌ای آزمودنی‌ها و عدم یکسان‌سازی فعالیت‌های روزانه آزمودنی‌ها اشاره کرد. با توجه به اینکه نمونه‌گیری بیوپسی در آزمودنی‌های تحقیق حاضر با محدودیت همراه بود، پیشنهاد می‌شود علاوه بر اندازه‌گیری متغیرهای سرمی، بیوپسی بافت چربی زیرپوستی و احشایی نیز به‌طور هم‌زمان در نمونه‌های حیوانی یا انسانی انجام شود و میزان تغییرات دقیق بافت چربی سفید و قهوه‌ای اندازه‌گیری گردد. به نظر می‌رسد انجام تمرین مقاومتی شدید با افزایش سطوح سرمی آیریزین و FGF21 می‌توانند به‌عنوان روش مؤثری در افزایش

تحقیق حاضر از طریق بهبود ترکیب بدن، افزایش بافت عضلانی و احتمالاً تبدیل بافت چربی سفید به بافت چربی قهوه‌ای و افزایش UCP1، منجر به گرمایی بیشتری شده و زمینه را برای افزایش عوامل مؤثر بر بیان آیریزین همچون PGC-1 $\alpha$  و FNDC5 افزایش می‌دهد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که سطح سرمی FGF21 در گروه تمرین مقاومتی شدید در مقایسه با گروه کنترل افزایش معنی‌داری یافت. در حالی‌که در گروه کنترل تغییر معنی‌داری مشاهده نشد. این نتایج با نتایج برخی از مطالعات همسو می‌باشد [۲۶،۲۵]. کیم<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۳a) نشان دادند که ۳۰ دقیقه فعالیت دویدن روی تردمیل با شدت ۸۰٪- $VO_2max$  در نمونه‌های انسانی و ۶۰ دقیقه فعالیت روی تردمیل تا واماندگی در موش، موجب افزایش سطوح FGF21 سرمی در انسان و موش می‌شود. آن‌ها اظهار کردند که افزایش همکاری PPAR $\alpha$  و ATF4 در افزایش بیان ژن FGF21 کبدی موش‌ها نقش داشته است. همچنین نشان دادند که FGF21 کبدی پس از فعالیت حاد، احتمالاً در افزایش سطوح FGF21 سرمی نقش دارد [۲۵]. برخی مطالعات برخلاف نتایج تحقیقی حاضر، عدم تغییر یا کاهش سطوح FGF21 را به دنبال تمرینات ورزشی نشان دادند [۲۸،۲۷]. یانگ<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که سه ماه تمرین ترکیبی (هوازی و مقاومتی) موجب کاهش معنی‌دار FGF21 سرمی زنان چاق شد. آن‌ها کنترل نکردن رژیم غذایی، نژاد و BMI را از دلایل تفاوت با تحقیقات دیگر بیان کردند [۲۷]. مورویل<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که یک وهله فعالیت مقاومتی با حجم بالا (۵ ست با ۱۰ تکرار بیشینه) و فعالیت استقامتی با شدت  $VO_2peak$  ۷۰٪ به مدت یک ساعت موجب افزایش FGF21 پلازما انسان در پاسخ به فعالیت استقامتی شد؛ در حالی‌که در فعالیت مقاومتی افزایش مشاهده نشد. همچنین، غلظت FGF21 پلاسمایی در فعالیت استقامتی در مقایسه با فعالیت مقاومتی بالاتر بود و این افزایش FGF21 پلازما را به افزایش گلوکاگن پلازما نسبت دادند و اظهار کردند که FGF21 و گلوکاگن در فعالیت استقامتی به‌صورت هماهنگ تنظیم می‌شوند [۲۸]. از دلایل تطبیق نداشتن نتایج مورویل و همکاران (۲۰۱۸) با تحقیق حاضر را می‌توان به برنامه تمرین و BMI آزمودنی‌ها اشاره کرد.

افزایش FGF21 عضله اسکلتی به دلیل فعال‌شدن سیستم عصبی سمپاتیک به‌واسطه رهایی نوراپی نفرین است. فعالیت ورزشی با شدت بالا می‌تواند پاسخ‌های سیستم عصبی سمپاتیک را بیشتر از فعالیت ورزشی با شدت متوسط القا کند. علاوه بر این،

همکاری کلیه شرکت‌کنندگان و آزمایشگاه تشخیص طبی شفا و آزمایشگاه بیمارستان ولی عصر (عج) شهرستان بردسکن و تمامی کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری کردند تشکر و قدرانی می‌شود.

بافت چربی قهوه‌ای و در نتیجه در زمینه پیشگیری چاقی و عوارض مرتبط با آن مورد مطالعه قرار گیرد.

## تشکر و قدرانی

این پژوهش حامی مالی ندارد و نویسندگان مقاله هیچ‌گونه تعارض منافی برای انتشار این مقاله ندارند. بدین وسیله از

## References

- Bray GA, Heisel WE, Afshin A, Jensen MD, Dietz WH, Long M, et al. The Science of Obesity Management: An Endocrine Society Scientific Statement. *Endocrine reviews* 2018; 39(2): 79-132.
- Gesta S, Tseng YH, Kahn CR. Developmental origin of fat: tracking obesity to its source. *Cell* 2007; 131(2):242-256.
- Tezze C, Romanello V, Sandri M. FGF21 as Modulator of Metabolism in Health and Disease. *Frontiers in physiology* 2019; 10: 419.
- Weigert C, Hoene M, Plomgaard P. Hepatokines-a novel group of exercise factors. *Pflügers Archiv-European Journal of Physiology* 2019; 471(3): 383-396.
- Boström P, Wu J, Jedrychowski MP, Korde A, Ye L, Lo JC. A PGC1- $\alpha$ -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature* 2012; 481(7382): 463-468.
- Fatouros IG, Kambas A, Katrabasas I, Nikolaidis K, Chatziniolaou A, Leontini D, Taxildaris K. Strength training and detraining effects on muscular strength, anaerobic power, and mobility of inactive older men are intensity dependent. *British journal of sports medicine* 2005; 39(10): 776-780.
- Segsworth BM. Acute sprint interval exercise induces a greater FGF-21 response in comparison to work-matched continuous exercise. [dissertation]. The University of Western Ontario. 2015.
- Tofighi A, Alizadeh R, Tolouei Azar J. The effect of eight weeks high intensity interval raining (HIIT) on serum amounts of FGF21 and irisin in sedentary obese women. *The Journal of Urmia University of Medical Sciences* 2017; 28(7): 453-466.
- Taniguchi H, Tanisawa K, Sun X, Kubo T, Higuchi M. Endurance exercise reduces hepatic fat content and serum fibroblast growth factor 21 levels in elderly men. *The Journal of Clinical Endocrinology* 2016; 101(1): 191-198.
- Besse-Patin A, Montastier E, Vinel C, Castan-Laurell I, Louche K, Dray C. Effect of endurance training on skeletal muscle myokine expression in obese men: identification of apelin as a novel myokine. *International Journal of Obesity (Lond)* 2014; 38(5): 707-713.
- Kim H, Lee HJ, So B, Son JS, Yoon D, Song W. Effect of aerobic training and resistance training on circulating irisin level and their association with change of body composition in overweight/obese adults: a pilot study. *Physiological Research* 2015; 65(2): 271-279.
- Tsuchiya Y, Ando D, Takamatsu K, Goto K. Resistance exercise induces a greater irisin response than endurance exercise. *Metabolism* 2015; 64(9): 1042-1050.
- Kurdiova T, Balaz M, Vician M, Maderova D, Vlcek M, Valkovic L. Effects of obesity, diabetes and exercise on Fndc5 gene expression and irisin release in human skeletal muscle and adipose tissue: in vivo and in vitro studies. *The Journal of physiology* 2014; 592(5): 1091-1107.
- Wewege M, Van Den Berg R, Ward RE, Keech A. The effects of high - intensity interval training vs. moderate - intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta - analysis. *Obesity Reviews* 2017; 18(6): 635-646.
- García - Hermoso A, Cerrillo - Urbina A, Herrera - Valenzuela T, Cristi - Montero C, Saavedra J, Martínez - Vizcaino V. Is high - intensity interval training more effective on improving cardiometabolic risk and aerobic capacity than other forms of exercise in overweight and obese youth? A meta - analysis. *Obesity Reviews* 2016; 17(6): 531-540.
- Paoli A, Pacelli F, Bargossi AM, Marcolin G, Guzzinati S, Neri M. Effects of three distinct protocols of fitness training on body composition, strength and blood lactate. *J Sports Med Phys Fitness* 2010; 50(1): 43-51.
- Dunstan DW, Daly RM, Owen N, Jolley D, De Courten M, Shaw J, Zimmet P. High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes care* 2002; 25(10): 1729-1736.
- American College of Sports Medicine. ACSM's resource manual for guidelines for exercise testing and prescription. 7th. USA: Lippincott Williams and Wilkins. 2013.
- Brzycki M. A Practical Approach to Strength Training. Blue River Press. 2012.
- Hedayati M, Saghebjo M, Ghanbari-Niaki A. Effects of circuit resistance training intensity on the plasma ghrelin to obestatin ratios in healthy young women. *International journal of endocrinology and metabolism* 2012; 10(2): 475.
- Izaddoust F, Shabani R. Effects of Strength Training on Serum Levels of Irisin and Myostatin Hormones, and Their Association with Lipid Profiles in Untrained Women. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism* 2017; 19 (1) : 41-49. (Persian)
- Huh JY, Siopi A, Mougios V, Park KH, Mantzoros CS. Irisin in response to exercise in humans with and without metabolic syndrome. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 2015; 100(3): 453-457.
- Heydari M, Tadibi V, Hoseini R. Effect of different rest interval between sets of resistance exercise on serum irisin and blood lactate levels in obese male children. *Journal of Applied Exercise Physiology* 2019; 14(28): 125-137. (Persian)
- Baar K. Nutrition and the adaptation to endurance training. *Sports medicine* 2014; 44(1): 5-12.
- Kim KH, Kim SH, Min YK, Yang HM, Lee JB, Lee MS. Acute exercise induces FGF21 expression in mice and in healthy humans. *PloS one* 2013; 8(5): e63517.
- Cuevas-Ramos D, Almeda-Valdés P, Meza-Arana CE, Brito-Córdova G, Gómez-Pérez FJ, Mehta R. Exercise increases serum fibroblast growth factor 21 (FGF21) levels. *PloS one* 2012; 7 : (5):e38022.
- Yang SJ, Hong HC, Choi HY, Yoo HJ, Cho GJ, Hwang TG. Effects of a three - month combined exercise programme on fibroblast growth factor 21 and fetuin - A levels and arterial stiffness in obese women. *Clinical endocrinology* 2011; 75(4): 464-469.
- Morville T, Sahl RE, Trammell SA, Svenningsen JS, Gillum MP, Helge JW, Clemmensen C. Divergent effects of resistance and endurance exercise on plasma bile acids, FGF19, and FGF21 in humans. *JCI insight* 2018; 3(15): e122737
- Kartimah NT, Stanipar IR, Rabia NA. High Intermittent Intensity Training Induces FGF21 Secretion in Obese Rats. *Journal of Obesity and Metabolism* 2018; 1(1): 1-3.
- Dutchak PA, Katafuchi T, Bookout AL, Choi JH, Ruth TY, Mangelsdorf DJ, Kliewer SA. Fibroblast growth factor-21 regulates PPAR $\gamma$  activity and the antidiabetic actions of thiazolidinediones. *Cell* 2012; 148(3): 556-567.
- Li X, Ge H, Weiszmann J, Hecht R, Li YS, Véniant MM. Inhibition of lipolysis may contribute to the acute regulation of

plasma FFA and glucose by FGF21 in ob/ob mice. FEBS letters 2009; 583(19): 3230-3234 .

[32].Badman MK, Pissios P, Kennedy AR, Koukos G, Flier JS,

Maratos-Flier E. Hepatic fibroblast growth factor 21 is regulated by PPAR $\alpha$  and is a key mediator of hepatic lipid metabolism in ketotic states. Cell metabolism 2007; 5(6): 426-437.



## The effect of high-intensity resistance training on Irisin and Fibroblast growth factor 21 levels in overweight men

Morteza Hajinia<sup>1</sup>, AmirHossein Haghighi\*<sup>2</sup>, Roya Askari<sup>3</sup>

1. PhD in exercise physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabsevari University, Sabsevar, Iran
2. Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, hakim Sabsevari University, Sabsevar, Iran
3. Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, hakim Sabsevari University, Sabsevar, Iran

### Abstract

**Introduction:** Obesity is a metabolic disorder that can be controlled and prevented by increasing energy expenditure and stimulating factors related to the browning of white adipose tissue. The aim of this study was to investigate the effect of high-intensity resistance training on Irisin and Fibroblast growth factor 21 (FGF21) levels in overweight men.

**Materials and Methods:** In this semi-experimental study, 20 overweight men (mean  $36.56 \pm 3.33$  years and body mass index  $29.41 \pm 3.02$  kg/m<sup>2</sup>) were randomly selected. They were assigned in two groups of high-intensity resistance training and control. The program of the Resistance Group was conducted in a circular shape with an intensity of 85-80% of a maximum repetition, three sessions per week for eight weeks. 24 hours before and 48 hours after the training period, serum Irisin levels and FGF21 subjects were measured in the fasting state. Data analysis was performed by correlated t-test and ANCOVA at the significance level of  $P < 0.01$ .

**Results:** Irisin and FGF21 Serum levels in the high-intensity resistance training group showed a significant increase compared to the control group ( $P < 0.01$ ). Bodyweight, BMI, and body fat percentage in the high-intensity resistance training group showed a significant decrease compared to the control group, while a significant increase was observed in the control group ( $P < 0.01$ ).

**Conclusion:** It seems that high-intensity resistance training can be emphasized as an effective step in convert white adipose tissue to brown and improving the body composition of overweight and obese people.

Received: 2020/05/07

Accepted: 2020/08/11

**Keywords:** Resistance training, Irisin, FGF21, Body Composition, Obesity