

# تأثیر شدت تمرینات ورزشی و مکمل یاری زعفران بر پاسخ نشانگرهای مقاومت به انسولین و آدیپوکاین‌ها

بهمن حسونند<sup>۱</sup>، یعقوب مهری الوار<sup>۲</sup>، حسام پارسا<sup>۳</sup>، علی حیدریان پور<sup>۴</sup>، فهیمه عرفانی آداب<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه تربیت بدنی، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران، <sup>۲</sup> گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزش، دانشگاه بوعلی‌سینا همدان، همدان، ایران

تاریخ وصول: ۱۳۹۹/۰۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۱

## چکیده

**زمینه و هدف:** بافت چربی صرفاً یک منبع ذخیره انرژی مزاج نیست، بلکه یک اندام درون‌ریز است که با آزادسازی آدیپوکاین‌ها مانند هورمون‌های واقعی عمل می‌کند اعمال بیولوژیکی را با نقش اندوکرینی تنظیم می‌کنند. هدف از این مطالعه تعیین و بررسی تأثیر شدت تمرینات ورزشی و مکمل یاری زعفران بر پاسخ نشانگرهای مقاومت به انسولین آدیپوکاین‌ها در زنان چاق و دارای اضافه وزن بود.

**روش بررسی:** در این مطالعه نیمه‌تجربی که در سال ۱۳۹۸ انجام شد، از میان زنان چاق و دارای اضافه وزن با استفاده از نرم‌افزار جی پاور، ۴۲ زن چاق با شاخص توده بدنی بالای ۲۵، به صورت هدفمند و در دسترس انتخاب و به صورت تصادفی به شش گروه تمرین تناوبی شدید، تمرین تناوبی، کنترل، تمرین تناوبی شدید با مکمل زعفران، تمرین تناوبی با مکمل زعفران و گروه مکمل زعفران تقسیم شدند. پس از نمونه‌گیری اولیه، گروه‌های مداخله‌ای به مدت هشت هفته به فعالیت پرداختند. به منظور حذف پاسخ آخرین جلسه تمرینی، نمونه‌گیری خونی ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین به عمل آمد. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های تحلیل کواریانس، شاپیرو ویلک، لون و تعقیبی توکی تجزیه و تحلیل شدند.

**یافته‌ها:** در متغیرهای وزن، شاخص توده بدنی و درصد چربی بین گروه کنترل و مداخلات تمرینی و زعفران تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ( $p < 0/005$ ). در متغیر آیریزین نتایج نشان داد که بین تمرین تناوبی + زعفران، استقامتی + زعفران با گروه کنترل تفاوت معنی‌داری وجود دارد ( $p = 0/001$ )، اما بین گروه تمرین تناوبی + زعفران با گروه استقامتی + زعفران تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ( $p = 0/9$ ). در متغیر لیپوکالین نتایج نشان داد که بین مداخلات تمرینی و زعفران (به جز مداخله تمرین استقامتی) با گروه کنترل تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همچنین نتایج نشان داد که بین گروه تمرین تناوبی + زعفران با گروه تمرین تناوبی شدید تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ( $p = 0/7$ ). همچنین نتایج نشان داد در متغیر LDL در مقایسه با گروه کنترل بین گروه استقامتی ( $p = 0/1$ ) و زعفران ( $p = 0/9$ ) تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. در متغیر HDL تنها گروهی که با گروه کنترل تفاوت معنی‌داری داشت گروه تمرین تناوبی شدید + زعفران بود ( $p = 0/03$ ). در متغیر کلسترول تنها گروهی که با گروه کنترل تفاوت معنی‌داری داشت گروه تمرین تناوبی شدید + زعفران بود ( $p = 0/03$ ). در متغیر تری‌گلیسرید گروه تناوبی شدید + زعفران ( $p = 0/001$ ) و همچنین گروه تناوبی شدید ( $p = 0/03$ ) با گروه کنترل تفاوت معنی‌داری داشت. در متغیر انسولین و مقاومت به انسولین بین تمامی گروه‌ها (به جز گروه زعفران) با گروه کنترل تفاوت معنی‌داری وجود دارد ( $p = 0/001$ ). همچنین نتایج نشان داد که بین هیچ کدام از مداخلات ورزشی تفاوت معنی‌داری در تغییرات انسولین و مقاومت به انسولین وجود ندارد ( $p = 0/9$ ). در متغیر گلوکز تفاوت معنی‌داری بین هیچ کدام از گروه‌ها مشاهده نشد ( $p = 0/9$ ).

**نتیجه‌گیری:** زعفران و فعالیت با شدت بالاتر می‌تواند اثرات تنظیمی بر تعادل متابولیکی بدن داشته باشد، استفاده از زعفران و تمرینات ورزشی، پروفایل لیپیدی سرم را بهبود بخشیده و در نهایت منجر به بهبود مقاومت به انسولین می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** تمرین تناوبی با شدت بالا، تمرین استقامتی، مقاومت به انسولین، گلوکز، چاقی

\*نویسنده مسئول: بهمن حسونند، خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خرم‌آباد، گروه تربیت بدنی

Email: hasanvand121@gmail.com

## مقدمه

مقاومت انسولین به کاهش در عملکرد

مطلوب سلول عضلانی برای جذب گلوکز در پاسخ به انسولین ترشحی از سلول‌های بتای پانکراس تعریف می‌شود. اگرچه چاقی نقش مهمی در مقاومت انسولینی دارد، اما به تنهایی نمی‌تواند توجیه کننده تمام مقاومت انسولینی باشد. عوامل متعددی چون اختلالات گیرنده‌ای، اختلالات پس از گیرنده، مقاومت نسبی گیرنده سطح کبد که در نهایت همه این موارد منجر به کاهش کاتابولیسم انسولین و افزایش تولید گلوکز از کبد می‌شوند(۴). همچنین در افراد چاق با اختلال در سنتز گلیکوژن و کاهش بستر عروقی در عضلات اسکلتی منجر به بروز مقاومت انسولینی می‌شود. راه کارهای مختلفی برای بهبود اختلالات متابولیکی گلوکز و مقاومت انسولینی مطرح می‌باشد. دو مورد از این راه کارها، فعالیت ورزشی و مکمل‌های گیاهی می‌باشد.

فعالیت ورزشی به وسیله بهبود متابولیسم

چربی/ گلوکز، مقاومت انسولینی و فشار خون بالا، عوامل بیماری‌زایی مرتبط با چاقی(دیابت، فشارخون، بیماری‌های قلبی - عروقی) را متوقف می‌کند. بررسی انجام شده پیرامون اثر فعالیت ورزشی بر سطح لیپوکالین بسیار اندک و یافته‌های آن متناقض است. چوی و همکاران آثار تمرین بر لیپوکالین - ۲ را مورد بررسی قرار داده‌اند که نتیجه آن معنی‌دار نبودن تغییرات غلظت لیپوکالین - ۲ پس

کاملاً اثبات شده است که آدیپوکالین‌های<sup>(۱)</sup> مشتق شده از بافت چربی با چاقی و رخدادهای مولکولی از جمله؛ سندروم متابولیک، التهاب و بیماری‌های قلبی- عروقی ارتباط دارند. بافت چربی مقداری آدیپوکالین ترشح می‌کند که این هورمون‌ها تأثیرات زیادی بر روی مغز، کبد، عضلات اسکلتی و سیستم ایمنی می‌گذارند و باعث تغییرات زیادی در هموستاز انرژی، گلوکز و متابولیسم لیپید، زیست‌پذیری سلول، کنترل غذایی، عملکرد غدد عصبی - درون‌ریزی بدن، سیستم ایمنی بدن و به طور پر اهمیتی عملکرد قلبی- عروقی می‌شوند. یکی از این آدیپوکالین‌ها، لیپوکالین - ۲ می‌باشد. عامل بیوشیمیایی ترشحی از آدیپوسیت‌ها که به عنوان شاخص التهابی مطرح می‌باشد که در تنظیم هزینه انرژی عمل انسولین و بروز برخی اختلالات متابولیکی اثرگذار است(۳). از لیپوکالین-۲ به عنوان یک میانجی چاقی و مقاومت به انسولین و دیگر اختلالات متابولیک مرتبط با چاقی نام برده شده است. بیان و ترشح این پروتئین پس از تبدیل پری‌آدیپوسیت به آدیپوسیت بالغ افزایش زیادی دارد و به وسیله بسیاری از تحریک‌های التهابی مانند لیپو- پلی‌ساکارید و اینترلوکین-۱ بتا القا می‌گردد. همچنین ممکن است اثرات ضد التهابی داشته باشد به گونه ای که افزایش سطح لیپوکالین - ۲ در چاقی و مقاومت به انسولین سازوکاری حفاظتی علیه التهاب باشد(۳ و ۱).

1-Adipokine

از انجام ۱۲ هفته تمرین با شدت متوسط در زنان چاق بوده است (۵). این درحالی است که (دمیرچی و همکاران)، افزایش سطح لیپوکالین-۲ پس از یک جلسه فعالیت ورزشی هوازی فزآینده در مردان میانسال چاق را گزارش نموده‌اند (۶). هم‌چنین شمشکی و همکاران نشان دادند که تمرین هوازی به تنهایی و به همراه مصرف عصاره بنه تأثیری بر لیپوکالین ندارد، اما از طریق کاهش مقاومت به انسولین، اختلال عملکرد ناشی از آثار اکسایشی دیابت را بهبود می‌بخشد (۷). همان‌طور که گفته شد راه کار دوم استفاده از مکمل‌های گیاهی می‌باشد. یکی از این مکمل‌ها زعفران است. زعفران کلالة خشک شده گل‌های زعفران می‌باشد. ترکیبات اصلی این گیاه کارتنوئید، گلیکوزید، مونوترپن، آلدئیدها، پیکروسین، آنتوسیانین، فلانوئید، ریبوفلاوین، تیامین، اسید آمینه، پروتئین، نشاسته و مواد معدنی است. کروسین، کروسیتین و سافرانال مواد مؤثر اصلی زعفران می‌باشند (۸). با توجه به ترکیبات پلی‌فنول‌ها و آنتی‌اکسیدانی موجود در این گیاه به نظر می‌رسد اثرات سودمندی بر سلامتی داشته باشد.

در رابطه با زعفران و فعالیت ورزشی پژوهش‌های محدودی صورت گرفته است. رجبی و همکاران در به این نتیجه رسیدند که هشت هفته تمرین هوازی و مصرف زعفران به تنهایی بر شاخص‌های مرتبط با بیماری دیابت نوع ۲ اثر معنی‌داری دارد (۹). تاجیک و همکاران در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که تمرین مقاومتی با و بدون

مکمل زعفران طی مدت ۱۲ هفته، یک شیوه کارآمد برای بهبود عوامل خطرزای قلبی - عروقی می‌باشد (۱۰). در رابطه با ساز و کارهای سلولی مولکولی و سازگاری‌های مربوط به تغییرات بافت چربی بر اثر تمرین، نظریه‌های متفاوتی وجود دارد. یکی از جدیدترین آنها، نظریه هورمون آیریزین است. به طور خلاصه، این نظریه بیان می‌کند که در اثر تمرین، هورمونی از عضله اسکلتی به نام آیریزین ترشح می‌شود. این مایوکالین به وسیله پروتئین گیرنده فعال کننده تکثیر پروکسی زوم گاما هم فعال ساز ۱ آلفا (PGC-1a) (۱) تحریک می‌شود. PGC-1a یک عامل فعال کننده رونویسی گیرنده فعال کننده پرولیفراسیون پروکسی زوم (PPAR-γ) (۲) است که بسیاری از اثرات بیولوژیکی خود را بر متابولیسم انرژی اعمال می‌کند و سبب تبدیل چربی سفید به چربی قهوه‌ای و افزایش عملکرد چربی قهوه‌ای می‌شود. با این وصف آیریزین سبب کاهش وزن، افزایش مصرف اکسیژن، بهبود هموستاز گلوکز و حساسیت به انسولین می‌شود و به وسیله افزایش ذخایر انرژی متابولیسم سیستمیک را افزایش می‌دهد (۱۱)، اما این نکته در رابطه با نوع فعالیت‌ها و پروتکل‌های تمرینی مبهم و متناقض است و آن این مساله است که برای بهبود سلامتی و تندرستی چه شدتی از ورزش مناسب است، این شدت را با چه نوع پروتکل‌های تمرینی انجام

1-Peroxisome Proliferator-Activated Receptor Gamma Coactivator 1-Alpha (PGC-1a)  
2-Peroxisome Proliferator-Activated Receptor Gamma (PPAR-γ)

دهیم(۱۲). امروزه با توجه به شرایط و کمبود زمان برای افراد جامعه(مخصوصاً بانوان) و همچنین میل و اشتیاق برای حفظ تناسب اندام رفتن به سمت باشگاه‌های ورزشی بیشتر شده است. نکته مهم شناخت و درک تأثیر فعالیت‌های ورزشی و همچنین مکمل‌های گیاهی و دارویی(مانند زعفران) بر این عوامل بیوشیمیایی است که در صورت مشخص شدن تغییرات مثبت و تعدیل کننده در این متغیرها به عنوان یک راهبرد تندرستی موثر در کنترل چاقی در نظر گرفته خواهد شد. لذا هدف از این پژوهش تعیین و بررسی تأثیر شدت تمرینات ورزشی و مکمل یاری زعفران بر پاسخ نشانگرهای مقاومت به انسولین آدیپوکاین‌ها در زنان چاق و دارای اضافه وزن بود.

### روش بررسی

این یک مطالعه نیمه تجربی با هدف کاربردی می‌باشد که به منظور دستیابی به اهداف آن، آزمودنی‌های زن ۲۰ تا ۳۰ ساله چاق و دارای اضافه وزن وارد مطالعه شدند. با استفاده از نرم افزار جی پاور برای تعیین حجم نمونه، تعداد ۴۲ نفر که دارای ویژگی‌هایی چون عدم مبتلا بودن به بیماری مزمن و آسیب‌دیدگی، عدم استفاده از مکمل‌های غذایی، مواد و یا داروی خاص و نیز عدم سابقه شرکت در ورزش منظم بودند، به عنوان آزمودنی شناسایی شدند و به عنوان نمونه در دسترس انتخاب و در شش گروه تمرین تناوبی شدید، تمرین تداومی، کنترل، تمرین تناوبی شدید با مکمل زعفران، تمرین تداومی با مکمل

1- Harpenden Calipers

گشت و تا زمان اندازه‌گیری در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری گردید. به‌منظور اندازه‌گیری سطوح سرمی لیپوکالین ۲ از کیت الایزا (R & D systems, USA) با ضرب تغییرات درون آزمون ۴/۴ درصد و ضریب تغییرات برون آزمون ۵/۶ درصد اندازه‌گیری شد. سطح گلوکز خون با روش کالری متری آنزیمی و فناوری گلوکز اکسیداز و با استفاده از کیت ویژه گلوکز ساخت شرکت پارس آزمون ایران با حساسیت ۵ میلی‌گرم در دسی‌لیتر ارزیابی شد. مقادیر انسولین نیز به وسیله کیت الایزا شرکت مرکودیا سوئد با حساسیت ۱ میلی‌مول بر لیتر سنجیده شد. مقاومت انسولین نیز با روش ارزیابی مدل همئوستازی (HOMA) بر اساس گلوکز خون ناشتا بر حسب میلی‌گرم بر دسی‌لیتر در غلظت انسولین ناشتا بر حسب میکرو واحد بین‌المللی بر میلی‌لیتر تقسیم بر عدد ثابت ۲۲/۵ صورت گرفت. سطوح سرمی آیریزین با استفاده از الایزا به روش ساندریچ و با استفاده از شرکت کازابیو ساخت کشور ژاپن با حساسیت ۰/۷۸ نانوگرم بر میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری سایر متغیرها از کیت‌های ساخت شرکت پارس آزمون استفاده شد.

آزمودنی‌های گروه تمرین تناوبی به همراه عصاره روزی یک عدد کپسول حاوی ۳۰ میلی‌گرم عصاره زعفران به همراه پروتکل تمرین تناوبی مصرف کردند. گروه‌های تمرینی پروتکل تناوبی شدید (با مکمل و بدون مکمل) سه جلسه در هفته با استفاده از روش‌های تمرینی، شامل دویدن‌های

مسافت کوتاه، طناب زنی و تردمیل با دستکاری شدت تمرین برای اینتروال‌ها مورد استفاده قرار دادند. قبل از شروع پروتکل تمرینی در هر جلسه آزمودنی‌ها به مدت پنج دقیقه برنامه گرم کردن (حرکات کششی و نرمشی همراه با دویدن آرام) و در پایان هر جلسه تمرینی نیز به مدت ۵ دقیقه برنامه سرد کردن داشتند. لازم به توضیح است که یکی از گروه‌ها به صورت یک سوکور از مکمل زعفران استفاده کردند (هر کپسول دارای ۳۰ میلی‌گرم عصاره خشک شده زعفران بود) (۸). آزمودنی‌های گروه مکمل هر روز یک عدد کپسول را به مدت ۸ هفته مصرف کردند.

شدت تمرین بر اساس سن منهای ۲۲۰ محاسبه می‌شود و بالای ۹۰ درصد ضربان قلب فعالیت کردند (در هفته‌های اول شدت تمرین، برای سازگاری، پایین‌تر در نظر گرفته شد).

آزمودنی‌های تمرین ورزشی ایروبیکی سه جلسه در هفته با شدت ۵۰ تا ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب به مدت ۳۵ تا ۶۰ دقیقه انجام گرفت. هر جلسه شامل گرم کردن به مدت ۱۰ دقیقه حرکات کششی - نرمشی و ۲۰ دقیقه فعالیت اصلی ورزش هوازی به صورت ایروبیکی گروهی با شدت ۵۰ درصد حداکثر ضربان قلب در هفته اول و افزایش تدریجی شدت و مدت هر جلسه به ترتیب تا ۵۰ دقیقه و تا ۷۰ تا ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب در هفته هشتم، در

پژوهش از آزمون تحلیل کواریانس استفاده شد و نتایج در جدول ۲ و ۳ آمده است.

یافته‌های آزمون تحلیل کواریانس (جدول ۳) نشان داد که در تمامی متغیرها (بجز گلوکز) بین گروه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ( $p < 0/05$ ). سپس برای بررسی محل تفاوت از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد.

نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که در متغیر آیریزین نتایج نشان داد که بین تمرین تناوبی+ زعفران، استقامتی+ زعفران با گروه کنترل تفاوت معنی‌داری وجود دارد ( $p = 0/001$ )، اما بین گروه تمرین تناوبی+ زعفران با گروه استقامتی+ زعفران تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ( $p = 0/9$ ). همچنین نتایج نشان داد که در متغیر آیریزین بین تمرین تناوبی+ زعفران و استقامتی+ زعفران تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. در متغیر لیپوکالین نتایج نشان داد که بین مداخلات تمرینی و زعفران (به جز مداخله تمرین استقامتی) با گروه کنترل تفاوت معنی‌داری وجود دارد، نتایج نشان داد که بین گروه تمرین تناوبی+ زعفران با گروه تمرین تناوبی شدید تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ( $p = 0/7$ ). همچنین نتایج نشان داد در متغیر LDL در مقایسه با گروه کنترل بین گروه استقامتی ( $p = 0/1$ ) و زعفران ( $p = 0/9$ ) تفاوت معنی‌داری وجود ندارد، اما بین سایر مداخلات با گروه کنترل تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. در متغیر HDL تنها گروهی که با گروه

پایان هر جلسه تمرین ۵ دقیقه به سردکردن پرداختند (۱۵).

لازم به توضیح است که یکی از گروه‌ها به صورت یک سوکور از مکمل زعفران استفاده کردند (هر کپسول دارای ۳۰ میلی‌گرم عصاره خشک شده زعفران بود) (۸). آزمودنی‌ها هر روز یک عدد کپسول را به مدت هشت هفته مصرف کردند.

برای تعیین شدت تمرینات تناوبی شدید و تداومی از ضربان قلب حداکثر (سن-  $HR_{max} = 220$ ) و ضربان قلب ذخیره با توجه به فرمول کارونن استفاده شد. برای ارزیابی میزان ضربان قلب از ساعت مچی مارک بیور (پی ام ۴۵) استفاده شد.

داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون‌های آماری شاپیرو ویلک، لون، کواریانس و تعقیبی توکی تجزیه و تحلیل شدند.

## یافته‌ها

نتایج ترکیب بدنی و آنتروپومتریکی آزمودنی‌ها (جدول ۱) نشان داد که شاخص توده بدنی و درصد چربی به عنوان مهم‌ترین متغیرها در گروه‌هایی که تحت مداخله ورزشی و زعفران قرار گرفته‌اند، بهبود یافته است و در گروهی که تمرین ورزشی را به همراه مکمل زعفران دریافت کرده‌اند این بهبود مشهود و مشخص‌تر است. همچنین برای ارزیابی مداخلات ورزشی و مکملی بر متغیرهای

تغییرات انسولین و مقاومت به انسولین وجود ندارد ( $p=0/9$ ). در متغیر گلوکز تفاوت معنی داری بین هیچ کدام از گروه‌ها مشاهده نشد ( $p=0/9$ ).

**بحث**

اخیراً به دلیل اثرات نامطلوب مکمل های شیمیایی، ضرورت جایگزین کردن مواد و ترکیبات طبیعی به جای مواد شیمیایی، موجب شده است، توجه پژوهشگران و متخصصان علوم ورزشی به استفاده از مکمل های گیاهی معطوف شود (۱۳). لذا هدف از این پژوهش تعیین و بررسی تأثیر شدت تمرینات ورزشی و مکمل یاری زعفران بر پاسخ نشانگرهای مقاومت به انسولین آدیپوکاین‌ها در زنان چاق و دارای اضافه وزن بود.

کنترل تفاوت معنی دار داشت گروه تمرین تناوبی شدید+ زعفران بود ( $p=0/03$ )، اما بین سایر مداخلات با گروه کنترل تفاوت معنی داری مشاهده نشد. در متغیر کلسترول تنها گروهی که با گروه کنترل تفاوت معنی دار داشت گروه تمرین تناوبی شدید+ زعفران بود ( $p=0/03$ )، اما بین سایر مداخلات با گروه کنترل تفاوت معنی داری مشاهده نشد. در متغیر تری گلیسرید گروه تناوبی شدید+ زعفران ( $p=0/001$ ) و گروه تناوبی شدید ( $p=0/03$ ) با گروه کنترل تفاوت معنی دار داشت، بین سایر مداخلات با گروه کنترل تفاوت معنی داری مشاهده نشد. نتایج نشان داد که در متغیر انسولین و مقاومت به انسولین بین تمامی گروه‌ها (به جز گروه زعفران) با گروه کنترل تفاوت معنی داری وجود دارد ( $p=0/001$ ). همچنین نتایج نشان داد که بین هیچ کدام از مداخلات ورزشی تفاوت معنی داری در

جدول ۱: توصیف ویژگی‌های ترکیب بدنی و آنتروپومتریکی آزمودنی‌ها (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) (میانگین  $\pm$  انحراف استاندارد)

متغیر	زمان	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	درصد چربی (درصد)
تمرینات تناوبی پایه	پایه	۲۴/۸±۳/۹	۱۶۴±۸/۶	۷۳/۳±۳/۵	۲۷/۴±۳/۴	۲۹/۱±۲/۵
- زعفران پس‌آزمون	پس‌آزمون	-	-	۶۸/۴±۲/۸	۲۵/۶±۳/۲	۲۵/۸±۲/۳
تمرین تناوبی پایه	پایه	۲۶/۲±۴/۱	۱۶۰±۴/۱	۷۰/۶±۴/۴	۲۷/۲±۱/۸	۲۸/۵±۱/۳
پس‌آزمون	پس‌آزمون	-	-	۶۷/۶±۶/۹	۲۶±۱/۶	۲۶/۷±۱/۱
تمرینات تناوبی پایه	پایه	۲۵/۱±۲/۲	۱۶۱/۱±۳/۶	۷۰/۷±۵/۳	۲۷±۲/۲	۲۷/۷±۱/۵
- زعفران پس‌آزمون	پس‌آزمون	-	-	۶۶/۶±۳/۸	۲۵/۵±۱/۸	۲۵/۴±۱/۲
تمرین تداومی پایه	پایه	۲۵/۹±۳/۶	۲۵/۹±۳/۶	۶۹/۴±۴/۳	۲۶/۳±۰/۷	۲۷/۶±۲/۱
پس‌آزمون	پس‌آزمون	-	-	۶۹/۴±۴/۳	۲۵/۳±۰/۹	۲۵/۴±۱/۸
زعفران پایه	پایه	۲۷/۱±۲/۲	۱۶۵±۷/۹	۷۷/۱±۵	۲۸/۴±۲/۵	۲۶/۳±۱/۶
پس‌آزمون	پس‌آزمون	-	-	۷۵/۸±۴/۹	۲۷/۹±۲/۷	۲۶/۲±۲
کنترل پایه	پایه	۲۳/۹±۴/۱	۱۶۶/۷±۹/۹	۷۳/۵±۶/۶	۲۶/۵±۱/۶	۲۷/۵±۱
پس‌آزمون	پس‌آزمون	-	-	۷۴/۳±۷/۷	۲۶/۴±۱/۵	۲۷/۷±۱

جدول ۲: توصیف متغیرهای مورد ارزیابی در پژوهش حاضر (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) (میانگین  $\pm$  انحراف استاندارد)

متغیرها	تمرین تناوبی-زعفران		تمرین تناوبی		تمرین تداومی-زعفران		تمرین تداومی		زعفران		گروه کنترل
	پایه	پس آزمون	پایه	پس آزمون	پایه	پس آزمون	پایه	پس آزمون	پایه	پس آزمون	
لیپوکالین سرم (پیکوگرم بر میلی‌لیتر)	۲۰/۴ $\pm$ ۲/۶	۱۵ $\pm$ ۲/۵	۲۱/۲ $\pm$ ۲/۶	۱۷ $\pm$ ۱/۲	۲۱ $\pm$ ۳/۱	۱۷/۷ $\pm$ ۲/۲	۱۹ $\pm$ ۲/۴	۱۷/۵ $\pm$ ۲/۲	۲۱/۸ $\pm$ ۲/۴	۲۱/۵ $\pm$ ۲/۲	۱۹/۲ $\pm$ ۳/۲
آیریزین سرم (نانوگرم بر میلی‌لیتر)	۶۵/۷ $\pm$ ۱۲/۳	۷۷/۳ $\pm$ ۱۰/۳	۶۸/۴ $\pm$ ۶/۵	۷۲/۴ $\pm$ ۵/۸	۶۱/۵ $\pm$ ۱۲	۶۹/۳ $\pm$ ۱۳/۸	۶۰/۴ $\pm$ ۸/۴	۶۵ $\pm$ ۸/۱	۷۰/۹ $\pm$ ۱۲/۷	۷۴/۳ $\pm$ ۱۲/۹	۶۲/۸ $\pm$ ۱۷/۴
LDL (میلیگرم بر دسی‌لیتر)	۱۴۱/۶ $\pm$ ۱۴/۹	۱۲۴ $\pm$ ۱۰/۵	۱۴۴/۴ $\pm$ ۱۳/۷	۱۳۱/۸ $\pm$ ۱۶/۱	۱۴۵/۱ $\pm$ ۹	۱۲۹/۲ $\pm$ ۱۵/۵	۱۳۴/۸ $\pm$ ۱۰/۲	۱۲۶/۸ $\pm$ ۱۳/۲	۱۳۷/۵ $\pm$ ۱۳	۱۳۵ $\pm$ ۱۵/۲	۱۳۷/۷ $\pm$ ۷/۳
HDL (میلیگرم بر دسی‌لیتر)	۴۱/۷ $\pm$ ۲/۴	۴۴/۲ $\pm$ ۲/۱	۴۰/۷ $\pm$ ۲/۸	۴۲/۸ $\pm$ ۱/۷	۴۰ $\pm$ ۲/۲	۴۱/۸ $\pm$ ۲	۴۲/۷ $\pm$ ۴/۳	۴۴/۱ $\pm$ ۴/۴	۴۰/۸ $\pm$ ۳/۵	۴۱/۸ $\pm$ ۳/۲	۴۳/۲ $\pm$ ۲/۴
تری‌گلیسرید (میلیگرم بر دسی‌لیتر)	۱۶۷/۷ $\pm$ ۲۹/۳	۱۴۹/۴ $\pm$ ۲۲/۱	۱۵۰/۲ $\pm$ ۲۹/۹	۱۳۹/۸ $\pm$ ۲۸/۵	۱۷۵/۴ $\pm$ ۲۰/۲	۱۹۷/۵ $\pm$ ۳۱/۷	۱۶۳/۸ $\pm$ ۳۱/۴	۱۵۵/۲ $\pm$ ۲۷/۳	۱۶۸ $\pm$ ۲۲/۱	۱۵۹/۲ $\pm$ ۳۲	۱۶۱ $\pm$ ۲۵
کلسترول تام (میلیگرم بر دسی‌لیتر)	۲۰۶/۸ $\pm$ ۱۶/۹	۱۸۰/۸ $\pm$ ۱۵/۱	۱۷۶/۵ $\pm$ ۲۰/۷	۱۶۵/۷ $\pm$ ۱۳/۶	۱۹۱ $\pm$ ۲۲/۲	۱۹۷/۵ $\pm$ ۲۰/۲	۱۸۹ $\pm$ ۱۸/۵	۱۸۱/۵ $\pm$ ۱۴/۹	۱۹۹/۱ $\pm$ ۱۰/۷	۱۸۸/۷ $\pm$ ۵/۱	۱۷۷/۷ $\pm$ ۲۹/۶
انسولین (میکروواحد بین المللی)	۷/۶ $\pm$ ۱/۸	۴/۹ $\pm$ ۱/۸	۸/۸ $\pm$ ۳/۹	۶ $\pm$ ۲/۶	۷/۸ $\pm$ ۱	۵/۴ $\pm$ ۰/۷	۹/۷ $\pm$ ۳/۱	۶/۵ $\pm$ ۱/۷	۹/۴ $\pm$ ۳/۴	۹/۲ $\pm$ ۳/۴	۸/۹ $\pm$ ۲/۹
گلوکز (میلیگرم بر دسی‌لیتر)	۹۸/۷ $\pm$ ۵/۲	۹۲ $\pm$ ۷/۲	۹۵ $\pm$ ۳/۸	۹۱/۸ $\pm$ ۹/۸	۹۸/۸ $\pm$ ۱/۳	۹۲/۷ $\pm$ ۱/۸	۹۲/۷ $\pm$ ۱۰/۸	۹۴/۸ $\pm$ ۸/۱	۹۹/۱ $\pm$ ۱۰/۷	۸۸/۸ $\pm$ ۵/۱	۱۰۰/۱ $\pm$ ۸/۷
مقاومت به انسولین	۱/۸ $\pm$ ۰/۵	۱/۸ $\pm$ ۰/۵	۲ $\pm$ ۰/۹	۱/۳ $\pm$ ۰/۶	۱/۹ $\pm$ ۰/۲	۱/۲ $\pm$ ۰/۲	۲/۳ $\pm$ ۰/۶	۱/۵ $\pm$ ۰/۴	۲/۳ $\pm$ ۰/۹	۲ $\pm$ ۰/۷	۲/۸ $\pm$ ۰/۵

جدول ۳: نتایج تحلیل کواریانس متغیرهای پژوهش

متغیرها	مجموع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مجزورات	F RATIO	سطح معنی‌داری
لیپوکالین سرم (پیکوگرم بر میلی‌لیتر)	۱۷۱/۸	۵	۳۴/۳	۱۹/۶	*.۰/۰۰۱
آیریزین سرم (نانوگرم بر میلی‌لیتر)	۴۳۱/۷	۵	۸۶/۳	۸/۱	*.۰/۰۰۱
LDL (میلیگرم بر دسی‌لیتر)	۱۷۰۹/۱	۵	۳۴۱/۸	۶/۳	*.۰/۰۰۱
HDL (میلیگرم بر دسی‌لیتر)	۲۴	۵	۴/۸	۲/۶	*.۰/۰۰۳
تری‌گلیسرید (میلیگرم بر دسی‌لیتر)	۱۴۱۹/۸	۵	۲۸۳/۹	۴/۸	*.۰/۰۰۲
کلسترول تام (میلیگرم بر دسی‌لیتر)	۱۴۹۹/۲	۵	۲۹۹/۸	۴/۳	*.۰/۰۰۴
انسولین (میکروواحد بین المللی)	۷۷/۶	۵	۱۵/۵	۱۷/۸	*.۰/۰۰۱
گلوکز (میلیگرم بر دسی‌لیتر)	۴۲۷/۰۷	۵	۸۵/۴	۱/۷	۰/۱
مقاومت به انسولین	۳/۸	۵	۰/۷	۱۳/۵	*.۰/۰۰۱

\*اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها

شدید به همراه زعفران کاهش بیشتری رخ داده است، اما این کاهش از نظر آماری به ایجاد تفاوت معنادار منجر نشده بود.

نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش چوی و همکاران هم‌خوانی دارد و با پژوهش‌های مهربانی و همکاران، آتیا و همکاران، دمیرچی و همکاران مخالف و

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین ورزشی شدید و تداومی به همراه زعفران می‌تواند منجر به کاهش معنی‌دار در میزان لیپوکالین-۲ به نسبت گروه کنترل و زعفران شود ( $p=۰/۰۰۱$ )، اما تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های ورزشی مشاهده نشد. هرچند در گروه تمرین تناوبی



ناهمسو است (۱۶ و ۶-۴). در پژوهش حاضر، سطح لیپوکالین-۲ به دنبال تمرینات شدید به همراه مکمل زعفران و همچنین خود مداخله تمرینی شدید کاهش یافت. در پژوهش مهربانی و همکاران در گروهی که تمرین استقامتی انجام داده بودند کاهش معنی‌داری را مشاهده نکرده بودند، احتمالاً یکی از دلایل اختلاف نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر و پژوهش مهربانی و همکاران مربوط به شدت تمرین می‌باشد. نتایج پژوهش‌های مختلف نشان داده‌اند که سازگاری به تمرینات شدید و سخت همانند تمرینات تناوبی با تمرینات استقامتی تفاوت‌های زیادی دارد (۱۷). با وجود این که پژوهش مهربانی و همکاران مغایر با نتیجه تحقیق حاضر بود، ولی در گروهی که با شدت بالاتر تمرین کرده بودند با نتیجه پژوهش حاضر همخوانی داشته و احتمالاً شدت تمرین در میزان لیپوکالین-۲ مؤثر می‌باشد. دمیچی و همکاران که یک جلسه فعالیت ورزشی فزاینده و اسپیرپالوس و همکاران که یک جلسه برنامه تمرین طولانی مدت را مورد بررسی قرار داده بودند سطوح لیپوکالین-۲ افزایش یافته بود که این افزایش احتمالاً بیانگر افزایش التهاب ناشی از پاسخ به ورزش بوده است، در پژوهش حاضر نتایج حاکی از سازگاری به ورزش است. از آنجایی که لیپوکالین-۲ به عنوان یک عامل پاسخ دهنده به سیگنال‌های التهابی عمل می‌کند، بیان این ملکول در فشار اکسایشی و عوامل التهابی افزایش می‌یابد، لذا ممکن است افزایش

آن به دنبال یک جلسه تمرین ناشی از این عوامل باشد (۱۷).

در این پژوهش نیز نشان داده شد که فعالیت ورزشی می‌تواند موجب بهبود انسولین و گلوکز شود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ۸ هفته تمرینات ورزشی به همراه زعفران موجب کاهش غیرمعنی‌دار در میزان گلوکز ناشتا می‌شود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که فعالیت ورزشی با و بدون مکمل و صرف نظر از شدت تمرینی موجب اثرات کاهشی بیشتری به نسبت گروه کنترل و زعفران شده است. نتایج پژوهش حاضر با نتایج اقبالی و همکاران، ایزدی و همکاران و مهربانی و همکاران موافق و همسو است و با نتایج بهارلو و همکاران در تضاد است (۲۱ و ۱۹، ۱۸).

فعالیت بدنی منظم می‌تواند موجب مصرف گلوکز در سطح سلول‌ها به ویژه سلول‌های عضلانی شده و همچنین بر اختلال ایجاد شده در گیرنده‌های انسولین غلبه کند. در مطالعه حاضر مقادیر گلوکز ناشتا نیز به طور غیر معنی‌داری کاهش یافته بود که نتایج این مطالعه با پژوهش‌هایی که کاهش سطوح گلوکز خون را به ویژه در افراد چاق پس از تمرینات ورزشی منظم گزارش کرده‌اند، ناهمسو است. گزارش شده افزایش سطح گلوکز ناشتا خون ممکن است مسئول بروز مقاومت به انسولینی باشد (۲۲). زمانی که توده عضلانی بیشتر باشد منجر به برداشت بیشتر گلوکز خون به دلیل فعال شدن AMP کیناز و افزایش تعداد گیرنده‌های انسولین، افزایش حامل GLUT4 و

پلاسمایی می‌باشد. تارهای عضلانی دارای چندین شکل از این پروتئین‌ها می‌باشند که از طریق حمل غیر فعال، گلوکز را وارد سیتوزول می‌نمایند. GLUT4 (فراوان ترین حامل) همیشه در غشای پلاسمایی وجود ندارد. در عوض، همان طور که نشان دادند، GLUT4 بین وزیکول‌های درون سلولی و غشای پلاسمایی جا به جا می‌شود و وسیله‌ای برای کنترل جذب گلوکز به وسیله تار عضلانی را فراهم می‌آورند (۲۴). هرچه تعداد GLUT4 در غشای پلاسمایی بیشتر باشد، گلوکز بیشتری وارد سلول خواهد شد. فعالیت ورزشی، حرکت GLUT4 به سمت غشای پلاسمایی را افزایش داده که در نهایت منجر به جذب بیشتر گلوکز می‌شود. ساز و کار بیوشیمیایی این فرآیند ناشناخته است، اما به نظر می‌رسد این پدیده تحت تأثیر آزاد شدن  $Ca^{2+}$  از شبکه سارکوپلاسمی باشد. زیرا این یون نقش اساسی در انقباض عضلانی دارد که خود محرک ورود گلوکز به داخل سلول عضلانی است، البته باید در نظر داشت که کلسیم یک عامل همکار است، نه علت اصلی (۲۵).

یکی دیگر از نتایج پژوهش حاضر مربوط به متغیر انسولین می‌باشد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ۸ هفته تمرین تناوبی شدید به همراه مکمل زعفران می‌تواند موجب کاهش معنی‌دار میزان انسولین شود. نتایج پژوهش حاضر با پژوهش ایزدی و همکاران و فرزانه تقیان (۲۷ و ۲۶) ناهم‌سو بوده، ولی با پژوهش بهارلو و همکاران همخوانی دارد (۲۱). اختلاف مشاهده شده در میان این نتایج می‌تواند ناشی از

گلیکوژن سنتتاز عضلات در اثر فعالیت بدنی شود که ممکن است این عوامل ذکر شده اندازه‌گیری نشده دلیلی بر تغییرات گلوکز در تحقیق حاضر شده باشد. غشای طبیعی عضله در حال استراحت تنها مختصری نسبت به گلوکز نفوذپذیر است. مگر زمانی که در اثر تحریک انسولین مقدار قابل توجهی گلوکز وارد سلول‌ها شود. عضلات در دو حالت مقدار زیادی گلوکز مصرف می‌کنند، یکی حالتی است که در جریان دو الی سه ساعت نخست پس از صرف غذا، آن عضله به مقدار زیادی گلوکز مصرف می‌کند. غلظت گلوکز خون در این زمان بالا بوده و لوزالمعده مقدار زیادی انسولین ترشح می‌کند. انسولین اضافی باعث انتقال سریع گلوکز به درون سلول‌های عضلانی می‌شود (۲۳ و ۲۲). دومین حالت در جریان فعالیت متوسط تا شدید بدنی می‌باشد که به مقدار زیاد انسولین نیاز ندارد، زیرا فیبرهای عضلانی در حال فعالیت در غیاب انسولین بر اثر روند انقباض نسبت به گلوکز نفوذپذیر می‌شوند (۲۲). هنگام فعالیت ورزشی کاهش مقدار انسولین موجود در خون، عامل اصلی است که فراخوان چربی و استفاده از آن را تحریک می‌کند (نتایج پژوهش حاضر نیز در بخش تغییرات آنترپومتریکی این موضوع را تأیید می‌کند). مکانیسم جذب بیشتر گلوکز از خون به وسیله عضلات فعال، بدون نیاز به انسولین را از طریق سازو کار زیر می‌توان توجیه کرد، دلیل افزایش جذب گلوکز به وسیله عضله فعال، افزایش حامل‌های گلوکز GLUT4 در غشای

اختلاف سن، جنسیت، نمونه‌های آماری و رژیم همسو است. تفاوت نوع عادات غذایی آزمودنی‌ها، تفاوت در نوع تمرین و شدت و مدت اجرای آن در پژوهش‌های مختلف ممکن است منجر به یافته‌های متفاوت باشد. در یافته‌های پژوهشی نشان داده شده است که میزان توده چربی افراد با مقدار انسولین در ارتباط است. بنابراین با کاهش توده چربی، مقدار انسولین نیز تغییر می‌کند. انسولین به طور مستقیم و غیرمستقیم باعث افزایش انتقال گلوکز به داخل سلول می‌شود. گیرنده‌های انسولین جزء گیرنده‌های غشایی و از دسته تیروزین کینازها می‌باشند (۲۸).

زعفران جذب گلوکز و فسفریلاسیون پروتئین کیناز فعال شده با AMP و استیل کوآ کربوکسیلاز و MAPK<sup>(۱)</sup> را القا می‌کند، MAPK نقش مهمی در تأثیر زعفران روی جذب گلوکز و حساسیت به انسولین در سلول‌های ماهیچه اسکلتی ایفا می‌کند، به عبارت دیگر، زعفران، نقش مهمی در متابولیسم گلوکز در سلول‌های ماهیچه اسکلتی تمایز یافته ایفا می‌کند. فعال شدن مسیر AMPK / ACC و مسیر MAPKs مستقیماً با جذب گلوکز به وسیله زعفران اتفاق می‌افتد. زعفران همچنین حساسیت به انسولین را که با انتقال گلوکز پایه GLUT4 از طریق مسیرهای مستقل از انسولین (MAPKs و AMPK/ACC) و مسیرهای وابسته به انسولین (PI 3-kinase / Akt و mTOR) همراه می‌شود را افزایش می‌دهد که نشان دهنده نقش درمانی زعفران در دیابت و مشکلات مرتبط با آن است. تجویز خوراکی عصاره

زعفران، افزایش مشخصی در سطح انسولین سرم و کاهش معینی در سطح گلوکز خون در رت‌های دیابتی ایجاد می‌کند، به علاوه عصاره زعفران هیپرتروفی و هیپرپلازی سلول‌های جزایر لانگرهانس را بهبود می‌بخشد (۲۸).

یکی دیگر از نتایج پژوهش حاضر مربوط به شاخص مقاومت انسولین می‌باشد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ۸ هفته تمرین ورزشی به همراه زعفران می‌تواند منجر به ایجاد تفاوت معنی‌داری در میزان مقاومت انسولینی بین گروه‌ها شود که با نتایج صفرزاده و همکاران مخالف و ناهمسو است (۲۹) و با نتایج بهارلو و همکاران موافق و همسو است (۲۱). در مطالعه مهربانی و همکاران در آزمودنی‌های گروه تمرین با شدت بالا شاخص مقاومت انسولینی نیز به طور معنی‌داری کاهش یافته بود و به نظر می‌رسد احتمالاً تغییرات لیپوکالین-۲ در این گروه در اثر کاهش مقاومت انسولینی باشد هرچند احتمالاً عوامل دیگری از جمله تغییرات هورمونی (هم‌چون اینترلوکین‌ها، رزیستین، آدیپونکتین، ویسفاتین) و هزینه انرژی بر این تغییرات اثر گذار بوده است. ممکن است کاهش مقادیر سطح گلوکز ناشتا در کاهش معنی‌دار شاخص مقاومت به انسولین اثرگذار بوده است. فعالیت بدنی منظم به عنوان یک طرح در پیشگیری از بروز مقاومت انسولینی در بسیاری از پژوهش‌ها مورد تأیید قرار گرفته

1-Mitogen Activated Protein Kinases

رونویسی PPAR- $\gamma$  است که بسیاری از اثرات بیولوژیکی خود را بر متابولیسم انرژی اعمال می‌کند و سبب تبدیل چربی سفید به چربی قهوه‌ای و افزایش عملکرد چربی قهوه‌ای می‌شود. چربی قهوه‌ای در تولید گرما، نقش داشته و دارای اثرات ضدچاقی و دیابت می‌باشد (۳۲). با این توصیفات نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میزان آیریزین افزایش داشته است، اما در گروه‌هایی که مکمل زعفران داشته‌اند، اما در گروه‌های تمرینی (تداومی) افزایش معنی‌دار داشته است و افزایش معنی‌دار در گروه تناوبی مشاهده نشده است. به نظر می‌رسد زعفران با کمک فعالیت ورزشی می‌تواند از طریق افزایش در آیریزین سبب کاهش وزن، افزایش مصرف اکسیژن، بهبود هموستاز گلوکز و حساسیت به انسولین شود و به وسیله افزایش ذخایر انرژی متابولیسم سیستمیک را افزایش دهد. در خصوص تأثیر زعفران بر آیریزین مقاله‌ای یافت نشد، اما به نظر می‌رسد زعفران از طریق تأثیرگذاری بر پیامبرهای درون سلولی مانند آدنوزین مونوفسفات کیناز موجب فعال سازی PGC1-a شده و سپس با اثرگذاری بر FNDC5 منجر به تولید آیریزین شود و سپس آیریزین از طریق سایر مسیرهای پیام‌رسانی منجر به بهبود پروفایل لیپیدی و شاخص‌های تن‌سنجی شود (۳۳).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میزان درصد چربی در تمامی گروه‌های تمرینی کاهش داشت و این کاهش در گروه تمرین تناوبی شدید به همراه مکمل زعفران بیشتر بود که با نتایج پژوهش عابدی و همکاران موافق و همسو است (۳۴). در رابطه با کاهش

است (۲۸). زعفران می‌تواند سطح گلوکز خون را کاهش و میزان حساسیت به انسولین را افزایش دهد (۲۲). از دیگر یافته‌های پژوهش حاضر مربوط به آیریزین می‌باشد، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بین گروه‌هایی که از مکمل زعفران استفاده کرده بودند با گروه‌هایی که فقط مداخله ورزشی یا دارونما داشتند در میزان تغییرات آیریزین تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. در واقع نتایج نشان داد که زعفران می‌تواند به عنوان یک عامل مهم منجر به افزایش مقادیر آیریزین شود. همچنین بین گروه تمرین استقامتی- زعفران (که فعالیت ورزشی و مداخله زعفران داشتند) با گروه زعفران تنها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش کواردیو و همکاران مخالف و ناهمسو است (۳۰) و با نتایج ریسی و همکاران، معینی‌نیا و همکاران و رجبی و همکاران موافق و همسو می‌باشد (۳۲ و ۳۱، ۹).

تغییر در شرایط انرژی بافت‌های محیطی در اثر عوامل مختلف متابولیسمی و فعالیت بدنی، منجر به تغییر در پیام‌های محیطی، یعنی هورمون‌های ترشح شده از بافت‌های محیطی می‌شود. در رابطه با سازوکارهای سلولی مولکولی و سازگاری‌های مربوط به تغییرات بافت چربی بر اثر تمرین، نظریه‌های متفاوتی وجود دارد. یکی از این نظریه‌ها مربوط به فعالیت ورزشی و آیریزین است، این نظریه بیان می‌کند که در اثر تمرین، هورمونی از عضله اسکلتی به نام آیریزین ترشح می‌شود (۳۱). این مایوکاین به وسیله PGC-1a تحریک می‌شود. PGC-1a یک عامل فعال‌کننده

درصد چربی بیشتر در گروه تناوبی شدید می‌توان به افزایش میزان متابولیسم پایه آزمودنی‌ها و وام اکسیژن بیشتر در دوره ریکاوری این آزمودنی‌ها اشاره داشت. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که متعاقب هشت هفته تمرین تناوبی شدید و تداومی به همراه مصرف زعفران، مقادیر پلاسمایی تری‌گلیسرید، LDL و کلسترول تام کاهش معنی‌داری داشت. همچنین نتایج نشان داد در گروه‌های تمرینی میزان HDL پلاسمایی افزایش یافت. این اختلاف موجب ایجاد تفاوت معنی‌دار در اثرگذاری مداخله زعفران بر میزان HDL پلاسمایی شده است. نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش مهری السوار و همکاران و موچشی و همکاران موافق و همسو است و با نتایج پژوهش امام دوست و همکاران، بهرام و همکاران و عابدی منش و همکاران مخالف و ناهمسو است (۳۵-۳۸).

در پژوهش عابدی منش و همکاران آزمودنی‌ها عصاره زعفران و کروسین را به مدت هشت هفته مصرف کردند و کاهش نیمرخ لیپیدی را در گروهی که مصرف کروسین داشتند مشاهده نشد، اما در گروهی که زعفران مصرف کردند کاهش داشت که با نتایج پژوهش حاضر موافق و همسو است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد به دنبال مداخله دو ماهه تمرین ورزشی (تناوبی و تداومی) با و بدون مداخله زعفران میزان شاخص توده بدنی و درصد چربی این آزمودنی‌ها کاهش یافت. هرچند نتایج نشان از اثرگذاری بیشتر مکمل زعفران با تمرین ورزشی به

نسبت کنترل بود. این موجب اهمیت روزافزون مکمل زعفران به عنوان عامل اثرگذار بر ترکیب بدنی می‌باشد. بیشتر برنامه‌های فعالیت ورزشی برای بهبود عوامل خطرزای قلبی-عروقی از جمله LDL-C و HDL-C، کلسترول و تری‌گلیسرید به شکل استقامتی طراحی شده است، ولی با توجه به اولویت تمرینات تناوبی و همچنین اثر مکمل زعفران در این پژوهش و تأثیرگذاری معنی‌دار آن در کاهش درصد چربی، کاهش شاخص توده بدنی و اکسایش چربی و همچنین عدم تغییر در گروه کنترل ممکن است به علت عدم فعالیت، نوع رژیم غذایی، هزینه انرژی مصرفی کم، میزان پایه چربی بدن و تغییرات آن باشد. همچنین مشخص شده است تمرینات ورزشی باعث افزایش آنزیم لسیتین کلسترول آسیل ترانسفراز (LCAT) می‌شود که با استریفیه کردن، کلسترول درون عضلانی را به HDL-C افزایش می‌دهد که می‌تواند دلیل دیگر افزایش HDL-C باشد (۳۹). با وجود این تغییرات و افزایش مقدار HDL-C در گروه‌های تجربی احتمالاً به دلیل تغییرات در ترکیبات بدن و مهم‌تر از همه در درصد چربی بدن باشد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که گروه‌های تمرینی که از مکمل زعفران استفاده نموده‌اند نیمرخ لیپیدی بهبود یافته‌تری داشتند. احتمالاً زعفران در بدن باعث مهار آنزیم لیپاز پانکراس می‌شود که به دنبال آن از هضم چربی موجود در رژیم غذایی جلوگیری می‌کند که در نتیجه کاهش محتوای کالری را به دنبال دارد.

### نتیجه‌گیری

زعفران و فعالیت با شدت بالاتر می‌تواند اثرات تنظیمی روی سیستم متابولیکی بدن داشته باشد، همچنین می‌تواند روی لیپاز پانکراس اثر مهاری بر جای گذارد. استفاده از زعفران و تمرینات ورزشی، پروفایل لیپیدی سرم را بهبود می‌دهد. همچنین به عنوان یک مهارکننده رقابتی لیپاز پانکراس، پروفایل لیپیدی سرم را از طریق کاهش سطح کلسترول تام، تری‌گلیسرید تام و افزایش سطح HDL از طریق بهبود مقاومت به انسولین تعدیل نماید.

### تقدیر و تشکر

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد با کد اخلاق IR.UMSHA.REC.1398.707 دانشگاه آزاد اسلامی واحد لرستان می‌باشد، که با حمایت مالی و معنوی این دانشگاه انجام شد. بدین وسیله از کلیه آزمودنی‌های پژوهش حاضر و همچنین مدیریت مجموعه‌های تندرستی با ورزش، فهیمه عرفانی آداب کمال تشکر و قدردانی را داریم.

عملکرد زعفران به عنوان یک آنتی‌اکسیدان و سرکوب‌کننده سیتوکین‌های التهابی باعث رسیدن به تناسب اندام است. زعفران با تأثیر روی افزایش احساس سیری باعث مصرف کمتر مواد غذایی شده و همچنین میزان متابولیسم گلوکز و لیپید را افزایش می‌دهد (۴۰).

همچنین به دنبال تمرینات طولانی مدت و شدید که بیش از چند ماه طول می‌کشد موجب بهبودی در شاخص‌های سلامتی و کاهش چربی‌های خون و درصد چربی بدن و کاهش وزن می‌شود و مکانیسم آن‌ها احتمالاً از طریق افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی عضلات و کارایی استفاده از چربی به عنوان سوخت همراه باشد. این می‌تواند به علت افزایش لیپوپروتئین لیپاز باشد که این آنزیم به‌نوبه خود باعث رهایی اسیدهای چربی تجزیه شده از تری‌گلیسرید و کلسترول تام بافت چربی و عضلانی شده و در کل کاتابولیسم کلسترول تام و لیپوپروتئین‌های غنی از تری‌گلیسرید را در افراد افزایش و برداشت TG از جریان خون را تسهیل می‌کند (۳۰ و ۴۰).

از محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به تفاوت‌های تغذیه‌ای و سبک زندگی آزمودنی‌ها اشاره کرد، لذا برای کنترل این مورد راهکارهای برای تغذیه سالم و یکسان‌سازی آن به آزمودنی‌ها گفته شد.

پیشنهاد می‌شود که برای کنترل بهتر بیماری‌های متابولیکی از تمرینات ورزشی با شدت بالا به همراه مکمل‌های گیاهی استفاده شود. هرچند نیاز به پژوهش‌های بیشتری در آینده می‌باشد.

## REFERENCES

1. Singh RG, Pendharkar SA, Plank LD, Petrov MS. Role of human lipocalin proteins in abdominal obesity after acute pancreatitis. *Peptides* 2017; 91: 1-7.
2. Leong DP, Joseph PG, McKee M, Anand SS, Teo KK, Schwalm JD, Yusuf S. Reducing the global burden of cardiovascular disease, part 2: prevention and treatment of cardiovascular disease. *Circulation Research* 2017; 121(6): 695-710.
3. Kamble PG, Pereira MJ, Sidibeh CO, Amini S, Sundbom M, Börjesson JL, et al. Lipocalin 2 produces insulin resistance and can be upregulated by glucocorticoids in human adipose tissue. *Molecular and Cellular Endocrinology* 2016; 427: 124-32.
4. Mearbashi A, Hakimi V. Effects of saffron supplementation on the cardio-respiratory endurance in the healthy inactive girls. *Saffron agronomy and technology*; 2014; 225-230.
5. Choi KM, Kim TN, Yoo HJ, Lee KW, Cho GJ, Hwang TG, et al. Effect of exercise training on A-FABP, lipocalin-2 and RBP4 levels in obese women. *Clinical Endocrinology* 2009; 70(4): 569-74.
6. Damirchi A, Rahmani-Nia F, Mehrabani J. Effect of a single bout graded exercise on the cytokines response and insulin resistance index. *Brazilian Journal of Biomotricity* 2011; 5(2): 132-40.
7. Shemshaki A, Hosseini M, Saghebjo M, Arefi R. The effect of 6 weeks of aerobic training on plasma levels of lipocalin-2, insulin and insulin resistance in streptozotocin-induced diabetic male rats. *Sport Physiology & Management Investigations* 2016; 8(1): 51-61.
8. Akhondzadeh S, Tahmacebi-Pour N, Noorbala AA, Amini H, Fallah-Pour H, Jamshidi AH, et al. in the treatment of mild to moderate depression: a double-blind, randomized and placebo-controlled trial. *Phytotherapy Research* 2005; 19(2): 148-51.
9. Rajabi A, Siahkoughian M, Akbarnejad A. Comparison of the effect of a therapeutic exercise program and oral administration of saffron on the levels of IL-6, TNF-a and glycemic control in type 2 diabetic women. *Razi Journal of Medical Sciences* 2018; 25(166): 20-33.
10. Tajik A, Zirahian F, Shahabi H, Kalani F. Effects of exercise training and saffron extract on some of the predictors of cardiovascular diseases. *SSU\_Journals* 2017; 25(9): 690-700.
11. Inoue K, Fujie S, Hasegawa N, Horii N, Uchida M, Iemitsu K, et al. Aerobic exercise training-induced irisin secretion is associated with the reduction of arterial stiffness via nitric oxide production in adults with obesity. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 2019; 20(7): 715-22
12. Rezaeshirazi R, Hossini F. Comparison of the effect of continuous and intermittent aerobic training on plasma Visfatin and insulin resistance levels in obese males. *Int J Sport Stud* 2014; 4(1): 26-31.
13. Kravitz L. Metabolic effects of HIIT. *IDEA Fitness Journal* 2014; 11(5): 16-8.
14. Gharari Arefi R, Hemati Nafar M, Kordi M. The effect of a high intensity interval training program on lipid profile in sedentary young men. *Journal of Sport Biosciences* 2014; 6(3): 259-272.
15. Sadat-Hoseini K. Effects of rhythmic aerobic exercises on sleep quality in sedentary young women. *RJMS* 2016; 23(149):18-27.
16. Atia RR, Abulfadle KA. Serum Lipocalin 2 levels in acute exercised prediabetic rat model in comparison to normal healthy control. *AJCEM* 2015; 3(3): 105-9.
17. Mohebbi H, Moghadasi ME, Rahmani-Nia FA, Hassan-Nia S, Noroozi H. Effect of 12 weeks' life-style activity modification (LAM) on adiponectin gene expression and plasma adiponectin in obese men. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism* 2010; 12(1): 25-81.
18. Spiropoulos A, Goussetis E, Margeli A, Premetis E, Skenderi K, Graphakos S, et al. Effect of inflammation induced by prolonged exercise on circulating erythroid progenitors and markers of erythropoiesis. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* 2010; 48(2): 199-203.
19. Eizadi M, Hajirasouli M, Kiani F, Khorshidi D, Dooaly H. Effect of 12 weeks' aerobic exercise training on aerobic capacity and glucose concentration in obese men. *Journal of Gorgan University of Medical Sciences* 2015; 17(2): 59-64.

20. Sadegh Eghbali F, Bijeh N, Attarzadeh Hoseini SR. Effect of eight weeks of combined training exercise with and without pomegranate concentrate consumption on metabolic syndrome indexes in obese and overweight middle-aged women. *The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility* 2016; 19(1.2): 16-24.
21. Baharloo S, Taghiyan F, Hedayati M. Effect of aerobic exercise on glucose, insulin and insulin resistance in subclinical hypothyroidism overweight-obese women. *Razi Journal of Medical Sciences* 2014; 21(125): 75-84.
22. Boden G, Shulman GI. Free fatty acids in obesity and type 2 diabetes: defining their role in the development of insulin resistance and  $\beta$ -cell dysfunction. *European Journal of Clinical Investigation* 2002; 32: 14-23.
23. Borghouts LB, Keizer HA. Exercise and insulin sensitivity: a review. *International Journal of Sports Medicine* 2000; 21(01): 1-2.
24. Deshmukh AS. Insulin-stimulated glucose uptake in healthy and insulin-resistant skeletal muscle. *Hormone Molecular Biology and Clinical Investigation* 2016; 26(1): 13-24.
25. Richter EA, Hargreaves M. Exercise, GLUT4, and skeletal muscle glucose uptake. *Physiological Reviews* 2013; 93(3): 993-1017.
26. Urhausen A, Kindermann W. Biochemical monitoring of training. *Clinical Journal of Sport Medicine* 1992; 2(1): 52-61.
27. Taghian F, Zolfaghary M, Hedayati M. Effect of 12 weeks' aerobic exercise on visfatin level and insulin resistance in obese women. *RJMS* 2014; 20(116): 35-44.
28. Christ-Roberts CY, Pratipanawatr T, Pratipanawatr W, Berria R, Belfort R, Kashyap S, Mandarino LJ. Exercise training increases glycogen synthase activity and GLUT4 expression but not insulin signaling in overweight nondiabetic and type 2 diabetic subjects. *Metabolism* 2004; 53(9): 1233-42.
29. Safarzade A, Baradaran-Jam F, Talebi-Garakani E, Fathi R. Effect of progressive aerobic exercise training on plasma kallikrein-7 concentration and insulin resistance index in women with normal weight and overweight. *Ijdl* 2015; 14(5): 357-63.
30. Kurdiova T, Balaz M, Vician M, Maderova D, Vlcek M, Valkovic L, et al. 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): 1091-107.
31. Reisi J, Rajabi H, Ghaedi K, Marandi SM, Dehkhoda MR. Effect of acute resistance training on plasma irisin protein level and expression of muscle fndc5 and adipose tissue ucp1 genes in male rats. *Journal of Isfahan Medical School* 2013; 31(256): 6-13
32. Moin nia N, Attarzadeh Hosseini S. Comparison of the effect of resistance program training with different intensities on serum irisin levels in sedentary young women. *Sport Physiology* 2015; 7(26): 127-142.
33. Zhang YJ, Li J, Huang W, Mo GY, Wang LH, Zhuo Y, et al. Effect of electroacupuncture combined with treadmill exercise on body weight and expression of PGC-1 $\alpha$ , Irisin and AMPK in skeletal muscle of diet-induced obesity rats. *Zhen Ci Yan Jiu= Acupuncture Research* 2019; 44(7): 476-80.
34. Abedimanesh N, Bathaie SZ, Abedimanesh S, Motlagh B, Separham A, Ostadrahimi A. Saffron and crocin improved appetite, dietary intakes and body composition in patients with coronary artery disease. *Journal of Cardiovascular and Thoracic Research* 2017; 9(4): 200.
35. mocheshi S, almori MR, mocheshi L. Interactive effect of grape seed extract along with aerobic activity on lipid profile in inactive obese women aged over 60 years sanandaj. *Iranian Journal of Diabetes and Metabolism* 2015; 14(4): 273-8.
36. Mehri AY, Ramezani A. The effects of resistance and alternative training on some predictors of heart diseases. *Ebnesima - IRIAF Health Administration* 2016; 18(1):19-28
37. Emamdost S, Faramarzi M. Effect of combined training (resistance exercise) on homocysteine levels and lipid profile in overweight men. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences* . 2016; 20(N1): 80-8.



38. Bahram ME, Najjarian M, Sayyah M, Mojtahedi H. The effect of an eight-week aerobic exercise program on the homocysteine level and VO<sub>2</sub>max in young non-athlete men. *KAUMS Journal (FEYZ)* 2013; 17(2): 149-56.
39. Gondim OS, de Camargo VT, Gutierrez FA, de Oliveira Martins PF, Passos ME, Momesso CM, et al. Benefits of regular exercise on inflammatory and cardiovascular risk markers in normal weight, overweight and obese adults. *PloS One* 2015;10(10): e0140596.
40. He SY, Qian ZY, Wen N, Tang FT, Xu GL, Zhou CH. Influence of crocetin on experimental atherosclerosis in hyperlipidemic-diet quails. *European Journal of Pharmacology* 2007; 554(2-3): 191-5.

# The Effect of Exercise Intensity and Saffron Supplementation on the Response of Insulin Resistance and Adipokine Markers

Hasanvand B<sup>1</sup>, Mehrialvar Y<sup>2</sup>, Parsa H<sup>2</sup>, Heydarian A<sup>2</sup>, Erfani F<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Education and Sport Science, School of Literature and Humanities, Malayer University, Malayer, Iran, <sup>2</sup>Department of Physical Education and Sport Science, School of Literature and Humanities, Boualisina University, Hamedan, Iran.

Received: 10 Des 2020 Accepted: 24 Apr 2021

## Abstract:

**Background & aim:** Adipose tissue is not just a source of excess energy storage, but an endocrine organ that regulates biological functions by endocrine role by releasing adipokines that act like real hormones. The aim of this study was to investigate the effect of exercise intensity and saffron supplementation on the response of adipokines to insulin resistance markers in obese and overweight women.

**Methods:** The present research method is quasi-experimental. Among obese and overweight women using G-Power software, 42 obese women with a body mass index above 25 were selected in a purposeful and accessible manner and randomly divided into six groups of intense intermittent exercise, continuous exercise, control, Intense intermittent exercise with saffron supplement, continuous exercise with saffron supplement and saffron supplement group were divided. After the initial sampling, the intervention groups worked for eight weeks. In order to eliminate the response of the last training session, blood sampling was performed 48 hours after the last training session. All data analysis was performed at a significance level of  $P \leq 0.05$  with analysis of covariance.

**Results:** There was a significant difference in the variables of weight, body mass index and fat percentage between the control group and training interventions and saffron ( $P < 0.005$ ). In the irizin variable, the results showed that there was a significant difference between periodic exercise + saffron, endurance + saffron with the control group ( $P = 0.001$ ). But there was no significant difference between the periodic training group + saffron and the endurance + saffron group ( $P = 0.9$ ). In the lipocalin variable, the results showed that there was a significant difference between training interventions and saffron (except endurance training intervention) with the control group. The results also showed that there was no significant difference between the periodic training group + saffron and the intense periodic training group ( $P = 0.7$ ). The results also showed that there was no significant difference between the endurance group ( $P = 0.1$ ) and saffron ( $P = 0.9$ ) in the LDL variable compared to the control group. In the HDL variable, the only group that was significantly different from the control group was the intense periodic exercise group + saffron ( $P = 0.03$ ). In the cholesterol variable, the only group that was significantly different from the control group was the intense periodic exercise group + saffron ( $P = 0.003$ ). There was a significant difference in the triglyceride variable of the severe periodic group + saffron ( $P = 0.001$ ) and also the severe periodic group ( $P = 0.03$ ) with the control group. There is a significant difference in insulin and insulin resistance between all groups (except saffron) and the control group ( $P = 0.001$ ). The results also showed that there was no significant difference between insulin changes and insulin resistance between any of the exercise interventions ( $P = 0.9$ ). There was no significant difference in glucose between any of the groups ( $P = 0.9$ ).

**Conclusion:** Saffron and higher intensity activity can have regulatory effects on the body's metabolic balance: The use of saffron and exercise improves the serum lipid profile and ultimately leads to improved insulin resistance.

**Keywords:** High Frequency Intermittent Exercise, Endurance Training, Insulin Resistance, Glucose, Obesity

---

\*Corresponding author: Hasanvand B, Department of Physical Education and Sport Science, School of Literature and Humanities, Malayer University, Malayer, Iran  
Email: hasanvand121@gmail.com

## Please cite this article as follows:

Hasanvand B, Mehrialvar Y, Parsa H, Heydarian A, Erfani F. The Effect of Exercise Intensity and Saffron Supplementation on the Response of Insulin Resistance and Adipokine Markers. *Armaghane-danesh* 2021; 26(2): 182-199.