

## Effect of Resistance Training on Serum Meteorin-like Hormone Level and Insulin Resistance Index in Overweight Adolescent Boys

Hamid Alizadeh<sup>1\*</sup>, Alireza Safarzadeh<sup>2</sup>, Elahe Talebi-Garakani<sup>3</sup>

1. Ph.D Student, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran.

3. Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran.

Received: 19 Jul 2017, Accepted: 28 Aug 2017

### Abstract

**Background:** Adipose tissue's phenotypic alteration due to exercise training is a new theory. However, the cellular–molecular mechanisms for these phenotypic alterations are not yet clearly understood. The aim of this study was to investigate the effects of six weeks resistance training on Meteorin-like hormone level and insulin resistance index in overweight adolescent boys.

**Materials and Methods:** Twenty overweight adolescent boys (average age 18.5±1 years old, average weight 81.1±4.5 kg, and BMI 27.7±0.7 kg/m<sup>2</sup>) participated in this study. The subjects were randomly assigned into two groups: control (N=10) and resistance training (N=10). Subjects in training group performed six-week resistance training program 3 days/week. Anthropometrics parameters and fasting serum of Meteorin-like hormone levels, insulin and glucose were measured at the baseline and at the end of study.

**Results:** The level of Meteorin-like hormone was significantly decreased in control group (p=0.008), but that of Meteorin-like hormone in resistance training was increased insignificantly (p=0.311). The variations of Meteorin-like hormone levels between two groups were significant (p=0.004). The changes of insulin resistance were increased in both groups which were statistically significant (p=0.032) and insignificant (p=0.632) for control and training groups respectively. We found a negative and insignificant correlation between changes in Meteorin-like hormone levels and changes in insulin resistance index (p=0.273).

**Conclusion:** The results showed that six weeks' resistance training has no effect on increasing Meteorin-like hormone serum level and improving insulin resistance index and body composition in overweight adolescent boys.

**Keywords:** Energy expenditure, Insulin resistance, Meteorin-like hormone, Obesity, Resistance Training

\*Corresponding Author:

Address: Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

Email: Exercise.physiology92@gmail.com

## تأثیر تمرین مقاومتی ایستگاهی بر سطح سرمی هورمون شبه متئورین و شاخص مقاومت به انسولین پسران نوجوان دارای اضافه وزن

حمید علی زاده<sup>۱\*</sup>، علی رضا صفرزاده<sup>۲</sup>، الهه طالبی گرگانی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده‌ی علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران
۲. استادیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده‌ی علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران
۳. دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده‌ی علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۴/۲۸، تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۶

### چکیده

**زمینه و هدف:** تغییر فنوتیپ بافت چربی بر اثر تمرین تئوری جدیدی است که به تازگی مطرح گردیده است، با این وجود شناسایی سازوکار سلولی - مولکولی آن در حال بررسی است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر شش هفته تمرین مقاومتی بر غلظت سرمی هورمون شبه متئورین و شاخص مقاومت به انسولین پسران دارای اضافه وزن بود.

**مواد و روش‌ها:** ۲۰ پسر نوجوان دارای اضافه وزن با میانگین سن  $11.5 \pm 1.8$  سال، وزن  $45.1 \pm 8.1$  کیلوگرم و شاخص توده‌ی بدن  $27.7 \pm 0.7$  کیلوگرم بر مترمربع در این تحقیق شرکت کرده و به دو گروه کنترل (۱۰ نفر) و تمرین مقاومتی (۱۰ نفر) تقسیم شدند. آزمودنی‌های گروه تمرین مقاومتی، شش هفته تمرین مقاومتی را سه روز در هفته انجام دادند. شاخص‌های پیکرسنجی، سطوح ناشتای هورمون شبه متئورین، انسولین و گلوکز سرمی در ابتدا و پایان مطالعه اندازه‌گیری شد.

**یافته‌ها:** غلظت سرمی هورمون شبه متئورین در گروه کنترل کاهش معنی‌دار ( $p = 0.008$ ) و در گروه تمرین افزایش غیرمعنی‌داری را نشان داد ( $p = 0.311$ ). همچنین، تغییرات سطوح هورمون شبه متئورین بین دو گروه تفاوت معناداری داشت ( $p = 0.004$ ). تغییرات مقاومت انسولینی در هر دو گروه افزایش یافت که این افزایش برای گروه کنترل از لحاظ آماری معنی‌دار ( $p = 0.032$ ) و برای گروه تمرین غیرمعنی‌دار ( $p = 0.632$ ) بود. به علاوه، ارتباط بین تغییرات غلظت سرمی هورمون شبه متئورین با تغییرات شاخص مقاومت به انسولین غیرمعنی‌دار بود ( $p = 0.273$ ).

**نتیجه‌گیری:** یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که شش هفته تمرین مقاومتی ایستگاهی نمی‌تواند سطح سرمی هورمون شبه متئورین را افزایش و شاخص مقاومت به انسولین و ترکیب بدنی را در پسران نوجوان دارای اضافه وزن بهبود بخشد.

**واژگان کلیدی:** تمرین مقاومتی، هورمون شبه متئورین، هزینه انرژی، مقاومت به انسولین، چاقی

\*نویسنده مسئول: ایران، بابلسر، دانشگاه مازندران، دانشکده‌ی علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی

Email: Exercise.physiology92@gmail.com

## مقدمه

چاقی در نوجوانان رو به افزایش است و شواهد حاکی از آن است که چاقی نوجوانی در دوره‌ی بزرگسالی نیز ادامه می‌یابد (۲،۱). چاقی دوران کودکی و نوجوانی مرتبط با افزایش خطر بیماری‌هایی از جمله پرفشارخونی، بیماری قلبی عروقی، دیابت و سایر بیماری‌های متابولیک در بزرگسالی می‌باشد (۳) و نه تنها پیامد جسمانی بلکه پیامدهای روانی و اجتماعی نیز دارد (۴). تمرینات ورزشی یک ابزار قدرتمند جهت افزایش هزینه‌ی انرژی و هم‌چنین یک مداخله‌ی عالی جهت مبارزه با چاقی و اختلالات متابولیکی همراه آن می‌باشند (۵،۶). فعالیت ورزشی افزایش سطوح در گردش هورمون‌های مختص عضله (مایوکین‌ها) را تسهیل می‌کند که این مایوکین‌ها نیز برخی اثرات مفید فعالیت ورزشی را میانجی‌گری می‌کنند. تمرینات ورزشی علاوه بر افزایش هزینه‌انرژی، هم‌چنین التهاب بافت چربی را کاهش می‌دهند که ممکن است مکانسیمی باشد که تمرینات ورزشی از طریق آن مقاومت به انسولین را کاهش و هموستاز گلوکز را بهبود می‌بخشند (۷،۸). اخیراً گروه تحقیقاتی اسپینگلمن مایوکین هورمون شبه متورین را شناسایی کردند، هورمون شبه متورین در اثر از فعالیت ورزشی در عضله‌ی اسکلتی بیان می‌شود و در گردش خون نیز وجود دارد. افزایش سطوح در گردش هورمون شبه متورین سبب افزایش هزینه‌ی انرژی کل بدن، به‌همراه قهوه‌ای شدن ذخایر چربی بافت چربی سفید و بهبود تحمل گلوکز در موش‌های چاق و دیابتی می‌شود. این نتایج بیان می‌دارند که هورمون شبه متورین ارتباط بافت عضله‌ی اسکلتی - چربی جهت افزایش بیان ژن‌های مرتبط با قهوه‌ای شدن ذخایر چربی بافت چربی سفید را میانجی‌گری می‌کند (۹). نشان داده شده است که بیان هورمون شبه متورین در موش‌ها در پاسخ به چالش‌های متابولیکی مثل تمرینات ورزشی مقاومتی (۹) و محدودیت کالری (۱۰) به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد. از طرف دیگر نیز نشان داده شده که هورمون شبه متورین در آدیپوزنز و چاقی ناشی از رژیم غذایی پرچرب در بافت چربی جوانندگان تنظیم مثبت

می‌گردد (۹،۱۱). از این‌رو، هورمون شبه متورین ممکن است به عنوان یک فاکتور سازشی اثرگذار بر ترکیب بافت چربی تحت چالش متابولیکی در موش‌ها عمل کند. علاوه بر این، هورمون شبه متورین تحمل گلوکز در موش‌ها را به واسطه‌ی بهبود حساسیت انسولینی بهبود می‌بخشد (۹،۱۱). نشان داده شده که هورمون شبه متورین در بافت چربی سفید انسان به فراوانی بیان می‌شود، اگرچه هیچ‌گونه همبستگی بین پروتئین در گردش هورمون شبه متورین با شاخص توده‌ی بدنی در انسان‌ها یافت نگردید (۱۱). نقش هورمون شبه متورین در انسان‌ها کمتر روشن است و پیشینه‌ی تحقیقاتی، بویژه تحقیقات انسانی در خصوص تاثیر فعالیت‌های ورزشی بر بیان و سطوح در گردش هورمون شبه متورین نیز انگشت‌شمار است. تنها یک تحقیق در موش‌ها اثر تمرینات ورزشی استقامتی را بر تغییر سطوح در گردش هورمون شبه متورین ارزیابی کرده، که اثری بر سطوح در گردش هورمون شبه متورین نداشته است (۹). طبق بررسی‌های انجام شده تاکنون اثر یک دوره تمرین مقاومتی بر سطوح در گردش هورمون شبه متورین گزارش نشده است. با توجه به تحقیقات انجام شده، فعالیت ورزشی از عوامل اثرگذار بر ترشح هورمون شبه متورین می‌باشد، بنابراین با توجه به نظریه‌ی نسبتاً جدید تغییر فنوتیپ بافت چربی از سفید به قهوه‌ای و اثر آن بر کاهش وزن (۹) و از طرفی ارتباط بین هورمون شبه متورین با چاقی و مقاومت به انسولین (۱۱) و تاثیری که فعالیت ورزشی بر بهبود حساسیت به انسولین و پیشگیری از توسعه‌ی دیابت نوع دو و تنظیم هموستاز بدن دارد، منطقی به نظر می‌رسد که یک دوره تمرین مقاومتی ایستگاهی بتواند سطح استراحتی هورمون شبه متورین سرم را دستخوش تغییر قرار دهد، از طرف دیگر فعالیت مقاومتی نیز به طور فزاینده‌ای به یک روش تمرینی توصیه شده برای کنترل و کاهش وزن در افراد چاق تبدیل شده است (۱۲)، بنابراین با این فرضیه محقق به دنبال پاسخ به این سوال است که آیا شش هفته تمرین مقاومتی (ایستگاهی) بر سطح سرمی هورمون شبه

متورین و شاخص مقاومت به انسولین در پسران نوجوان دارای اضافه وزن اثرگذار است یا خیر؟

## مواد و روش‌ها

روش تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی (طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون) است. بیست پسر نوجوان دارای اضافه وزن با میانگین سن  $11.5 \pm 1.8$  سال، وزن  $45.1 \pm 8.1$  کیلوگرم و شاخص توده‌ی بدن  $27.7 \pm 0.7$  کیلوگرم بر مترمربع به طور داوطلبانه در این تحقیق شرکت کرده و به طور تصادفی به دو گروه کنترل (۱۰ نفر) و تمرین مقاومتی (۱۰ نفر) تقسیم شدند. این افراد در شش ماه گذشته سابقه‌ی انجام فعالیت بدنی منظم نداشتند. همچنین بر اساس پرسشنامه‌ی پیشینه‌ی تندرستی فاقد علائم و شاخص‌های بیماری متابولیک و قلبی-عروقی بودند، رژیم غذایی خاص و یا برنامه‌ی کاهش وزن نیز نداشتند. از تمامی آزمودنی‌ها خواسته شد تا پایان پروتکل تحقیق برنامه غذایی خود را تغییر نداده و طبق گذشته برنامه غذایی عادی خود را ادامه دهند. معیارهای ورود به مطالعه شامل: الف) عدم سابقه ورزشی، ب) سن آنها در بازه ۱۷-۱۹ سال بوده است و ج) شاخص توده‌ی بدنی آنها با معیار مورد نظر محقق همخوانی داشته باشد، و معیارهای خروج از مطالعه نیز شامل: الف) افرادی که مصرف مکمل داشتند، و ب) افرادی که به دلایل مختلف حاضر به ادامه تمرین نشدند و غیبت آنها بیش از ۳ جلسه بود. در این تحقیق از فرمول برزیسکی برای تخمین یک تکرار بیشینه (1RM) (۱۰ تکرار تا خستگی) (۱۳) و از روش اندازه‌گیری مستقیم برای تعیین مقادیر دقیق‌تر آن استفاده شد. این مطالعه با مجوز کمیته اخلاق دانشکده‌ی تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه مازندران با کد ۱۲۴۶۶۲۰ انجام گرفت. آزمودنی‌ها در گروه تمرین مقاومتی ۹ حرکت ورزشی انجام دادند که در آنها گروه‌های عضلانی اصلی درگیر بودند. این حرکات به ترتیب شامل پرس سینه، پرس پا، پرس شانه، پاروئی نشسته، جلو ران، پشت بازو، پشت ران، جلو بازو و دراز - نشست بود. هر حرکت ورزشی شامل ۸ تا ۱۲ تکرار و معادل ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه بود. آزمودنی‌ها

پروتکل تمرین را به مدت شش هفته و سه جلسه در هفته انجام دادند. هر جلسه شامل سه نوبت و هر نوبت شامل نه حرکت بود که در بالا اشاره شد. مدت‌زمان هر حرکت ۳۰ ثانیه (۸ تا ۱۲ تکرار) و مدت‌زمان استراحت بین دو حرکت متوالی ۳۰ ثانیه و مدت‌زمان استراحت بین چرخش‌ها ۱۲۰ ثانیه در نظر گرفته شد. اصل اضافه‌بار بعد از سه هفته از شروع پروتکل (از هفته‌ی چهارم) محاسبه گردید. یک تکرار بیشینه برای هر نفر در هر ایستگاه و مقدار وزنه بر اساس یک تکرار بیشینه برای هر فرد محاسبه گردید (۱۳). نمونه‌گیری خون پیش از شروع برنامه‌ی تمرین و ۲۴ ساعت پس از آخرین جلسه‌ی تمرین در وضعیت ناشتا از ورید بازویی به میزان ۱۰ میلی‌لیتر انجام شد. نمونه‌ها در لوله‌های آزمایش جمع‌آوری و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ و سرم آن جداسازی شد. سرم به‌دست آمده تا زمان انجام اندازه‌گیری‌ها در فریزر -۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. غلظت سرمی هورمون شبه متورین به روش الایزا و با استفاده از کیت مخصوص شرکت زلبایو ساخت کشور آلمان اندازه‌گیری شد. حساسیت روش مذکور  $0.02$  نانوگرم بر میلی‌لیتر و ضریب تغییرات آن کمتر از  $10\%$  درصد بود. سطوح سرمی گلوکز با روش فتومتریک (آنزیمی-رنگ سنجی) و با استفاده از کیت شرکت پارس آزمون اندازه‌گیری شد. ضریب تغییرات و حساسیت آن به ترتیب  $1/33$  درصد و یک میلی‌گرم در دسی‌لیتر بود. سطوح سرمی هورمون انسولین نیز با روش الایزا و کیت انسولین شرکت مونوبایند ساخت کشور آمریکا اندازه‌گیری شد. ضریب تغییرات و حساسیت آن به ترتیب  $4/9$  درصد و  $0.75$  میکرو واحد بر میلی‌لیتر بود. شاخص مقاومت به انسولین نیز با استفاده از فرمول، انسولین ناشتا (میکرو واحد بر میلی‌لیتر)  $\times$  گلوکز ناشتا (میلی‌مول بر لیتر)  $\div 22/5$  محاسبه گردید (۱۴). درصد چربی بدن با استفاده از تعیین مقادیر چین‌پوستی و روش سه نقطه‌ای (سینه، شکم و ران) از فرمول جکسون و پولاک محاسبه شد (۱۵). در پژوهش حاضر پس از اطمینان از توزیع طبیعی داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، برای مقایسه‌ی درون

چند که افزایش نشان می‌دهد اما به لحاظ آماری معنی‌دار نیست ( $p=0/311$ )، به این معنی که ۶ هفته تمرین مقاومتی نتوانسته بود سطوح سرمی استراحتی هورمون شبه متئورین را تغییر دهد. اما این یافته برای گروه کنترل به لحاظ آماری کاهش معنی‌داری ( $p=0/008$ ) نشان داد. هم‌چنین تغییرات بین‌گروهی در سطح سرمی هورمون شبه متئورین نیز با استفاده از آزمون آماری آنکوا تفاوت معنی‌داری ( $p=0/004$ ) نشان داد.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود تغییرات مقاومت انسولینی برای هر دو گروه افزایش نشان می‌دهد که برای گروه کنترل این افزایش به لحاظ آماری معنی‌دار ( $p<0/05$ ) و برای گروه تمرین غیرمعنی‌دار ( $p>0/05$ ) می‌باشد. هم‌چنین تغییرات انسولین برای هر دو گروه به لحاظ آماری معنی‌دار نبود ( $p>0/05$ ). به‌علاوه، تغییرات گلوکز خون در گروه تمرین به لحاظ آماری معنی‌دار نبود ( $p>0/05$ ). با این وجود، تغییرات گلوکز خون در گروه کنترل به لحاظ آماری معنی‌دار بود ( $p<0/05$ ).

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود تغییرات بین گروهی متغیرهای گلوکز خون، انسولین و شاخص مقاومت به انسولین غیر معنادار بود ( $p>0/05$ ).

گروهی داده‌ها از آزمون تی وابسته، مقایسه‌ی بین گروهی آزمون تی مستقل و جهت بررسی تغییرات بین گروهی از آنکوا استفاده شد.

برای تعیین ارتباط بین تغییرات سطوح سرمی هورمون شبه متئورین و تغییرات سایر پارامترهای اندازه-گیری شده از آزمون همبستگی پیرسون استفاده گردید. تمامی داده‌ها به صورت میانگین  $\pm$  انحراف استاندارد ارائه شده‌اند. محاسبات با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ انجام شد و سطح معنی‌داری آزمون‌ها  $p \leq 0/05$  در نظر گرفته شد.

### یافته‌ها

اطلاعات شاخص‌های پیکرسنجی آزمودنی‌ها قبل و بعد از شش هفته تمرین مقاومتی در جدول ۱ گزارش شده است. در مقادیر پیش آزمون تفاوت معنی‌داری در شاخص‌های پیکرسنجی آزمودنی‌ها بین گروه‌های کنترل و تمرین وجود نداشت. یافته‌های بدست آمده از مقایسه‌ی میانگین مقدار پیش‌آزمون و پس‌آزمون سطح سرمی هورمون شبه متئورین پس از ۶ هفته تمرین مقاومتی، با استفاده از آزمون آماری تی‌وابسته بیانگر آن بود که این تفاوت میانگین در سطح سرمی هورمون شبه متئورین هر

جدول ۱. شاخص‌های پیکرسنجی آزمودنی‌ها در گروه‌های کنترل و تمرین قبل و بعد از شش هفته تمرین

| متغیر                                | گروه  | پیش آزمون        | پس آزمون         | تغییرات              | p     |
|--------------------------------------|-------|------------------|------------------|----------------------|-------|
| وزن بدن (کیلوگرم)                    | کنترل | ۸۰/۹۲ $\pm$ ۵/۰۴ | ۸۱/۲۸ $\pm$ ۵/۰۷ | ۰/۳۵ $\pm$ ۰/۱۳ *    | ۰/۰۰۶ |
|                                      | تمرین | ۸۱/۲۷ $\pm$ ۴/۰۶ | ۸۰/۲۲ $\pm$ ۴/۱۴ | -۱/۰۵ $\pm$ ۰/۲۵ §   | ۰/۵۴۴ |
|                                      | p     | ۰/۸۷۰            | ۰/۹۷۷            | ۰/۰۰۶                | -     |
| شاخص توده‌ی بدن (کیلوگرم بر مترمربع) | کنترل | ۲۷/۵۳ $\pm$ ۰/۶۰ | ۲۸/۶۷ $\pm$ ۰/۶۸ | ۱/۱۴ $\pm$ ۰/۱۲ *    | ۰/۰۰۷ |
|                                      | تمرین | ۲۷/۸۹ $\pm$ ۰/۷۳ | ۲۷ $\pm$ ۰/۷۲    | -۰/۰۹۳ $\pm$ ۰/۱     | ۰/۰۱۷ |
|                                      | p     | ۰/۲۴۷            | ۰/۷۰۳            | ۰/۰۰۰                | -     |
| چربی بدن (درصد)                      | کنترل | ۲۲/۴۱ $\pm$ ۳/۱۳ | ۲۳/۴۲ $\pm$ ۳/۱۳ | ۱/۰۰۶ $\pm$ ۰/۰۰۵ *  | ۰/۰۰۵ |
|                                      | تمرین | ۲۲/۵۶ $\pm$ ۲/۵۴ | ۲۱/۵۶ $\pm$ ۲/۵۳ | -۱/۰۰۵ $\pm$ ۰/۰۰۸ § | ۰/۰۹۶ |
|                                      | p     | ۰/۹۰۸            | ۰/۹۱۵            | ۰/۰۰۳                | -     |

\* تفاوت معنی‌دار در مقایسه با مقادیر پیش آزمون. § تفاوت معنی‌دار در تغییرات بین گروه‌ها. تمامی داده‌ها به صورت میانگین  $\pm$  انحراف استاندارد ارائه شده‌اند.

جدول ۲. شاخص‌های متابولیکی آزمودنی‌ها و هورمون شبه متئورین در گروه‌های کنترل و تمرین قبل و بعد از شش هفته تمرین مقاومتی

| متغیر                                     | گروه  | پیش آزمون   | پس آزمون     | تغییرات       | p     |
|---|-------|-------------|--------------|---------------|-------|
| گلوکز (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)              | کنترل | ۸۴/۵ ± ۷/۴۱ | ۸۶/۸ ± ۷/۶۱  | ۲/۳۰ ± ۱/۶۳ * | ۰/۰۰۲ |
|   | تمرین | ۸۷ ± ۶/۰۸   | ۸۸/۶ ± ۶/۳۸  | ۱/۵ ± ۴/۶۲    | ۰/۳۳۲ |
|   | p     | ۰/۴۰۲       | ۰/۵۷۴        | ۰/۷۳۳         | -     |
| انسولین (میکرو واحد بر میلی‌لیتر)         | کنترل | ۹/۷۵ ± ۶/۷۹ | ۱۰/۲۱ ± ۷/۰۱ | ۰/۴۶ ± ۰/۷۲   | ۰/۰۷۵ |
|   | تمرین | ۷/۷۴ ± ۴/۶۳ | ۷/۷۶ ± ۴/۴۶  | ۰/۰۱۹ ± ۰/۹۰  | ۰/۹۴۸ |
|   | p     | ۰/۴۵۰       | ۰/۳۶۶        | ۰/۲۶۶         | -     |
| شاخص مقاومت به انسولین                    | کنترل | ۲/۰۶ ± ۱/۴۷ | ۲/۲۰ ± ۱/۵۳  | ۰/۱۴ ± ۰/۱۷ * | ۰/۰۲۲ |
|   | تمرین | ۱/۶۴ ± ۰/۹۳ | ۱/۶۷ ± ۰/۹۱  | ۰/۰۳ ± ۰/۲۱   | ۰/۶۳۲ |
|   | p     | ۰/۴۶۰       | ۰/۳۶۸        | ۰/۲۷۳         | -     |
| هورمون شبه متئورین (نانوگرم بر میلی‌لیتر) | کنترل | ۰/۹۲ ± ۰/۷۲ | ۰/۵۹ ± ۰/۵۰  | ۰/۳۲ ± ۰/۳۰ * | ۰/۰۰۸ |
|   | تمرین | ۱/۱۶ ± ۰/۷۷ | ۱/۲۶ ± ۰/۹۰  | ۰/۱۰ ± ۰/۳۰ § | ۰/۳۱۱ |
|   | p     | ۰/۴۸۶       | ۰/۰۵۷        | ۰/۰۰۴         | -     |

\* تفاوت معنی‌دار در مقایسه با مقادیر پیش آزمون. § تفاوت معنی‌دار در تغییرات بین گروه‌ها. تمامی داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف استاندارد ارائه شده‌اند.

تغییرات غلظت سرمی هورمون شبه متئورین در

شکل ۱ نشان داده شده است.

تغییر معنی‌داری در غلظت سرمی هورمون شبه

متئورین در گروه تمرین مقاومتی مشاهده نشد ( $p=0/311$ ).

اما کاهش معنی‌دار آن در گروه کنترل مشاهده شد

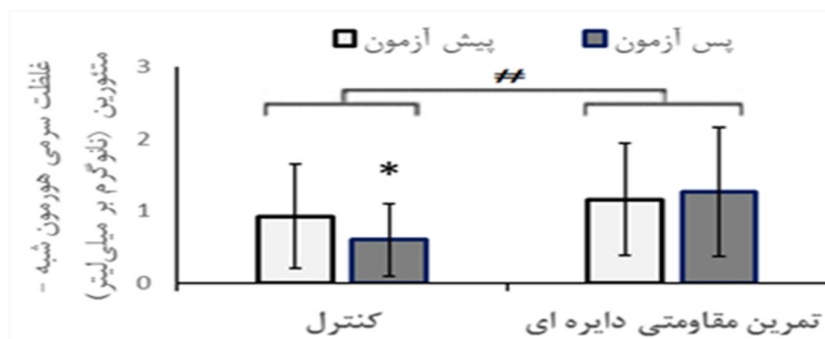
( $p=0/008$ ). نتایج آزمون آماری آنکوا نشان داد که

تغییرات غلظت سرمی هورمون شبه متئورین در گروه تمرین

مقاومتی در مقایسه با کاهش آن در گروه کنترل از لحاظ

آماري تفاوت معنی‌داری دارد ( $p=0/004$ ).

ارتباط بین تغییرات غلظت سرمی هورمون شبه متئورین و تغییرات شاخص‌های بیوشیمیایی و ترکیب بدنی در جدول ۳ گزارش شده است. با توجه به ضریب همبستگی پیرسون تغییرات هورمون شبه متئورین سرم با شاخص مقاومت به انسولین رابطه‌ی منفی اما غیرمعنی‌دار دارد ( $r = -0/20$ ,  $p = 0/39$ ).



شکل ۱. تغییرات غلظت سرمی هورمون شبه متئورین قبل و بعد از شش هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای (ایستگاهی). \* تفاوت آماری در مقایسه با مقادیر پیش آزمون ( $p \leq 0.05$ ). # تفاوت آماری در تغییرات غلظت سرمی هورمون شبه متئورین گروه کنترل در مقایسه با گروه تمرین مقاومتی ( $p \leq 0.05$ ).

جدول ۳. ارتباط بین تغییرات متغیر هورمون شبه متورین با تغییرات شاخصهای بیوشیمیایی و ترکیب بدنی (۲۰ نفر)

| گلوکز | انسولین | مقاومت به انسولین | وزن   | شاخص توده‌ی بدن | درصد چربی بدن |
|-------|---------|-------------------|-------|-----------------|---------------|
| r     | -۰/۱۸۰  | -۰/۳۳             | -۰/۲۰ | -۰/۴۵۰          | -۰/۲۲۰        |
| p     | ۰/۴۳    | ۰/۱۴              | ۰/۳۹  | ۰/۰۹            | ۰/۳۴          |

## بحث

یافته‌های پژوهش حاضر در خصوص هورمون شبه متورین سرم بیانگر عدم تغییر سطوح استراحتی هورمون شبه متورین و عدم بهبود (افزایش) مقاومت به انسولین در پاسخ به شش هفته تمرین مقاومتی ایستگاهی در پسران نوجوان دارای اضافه‌وزن بود. در تحقیق حاضر شش هفته تمرین مقاومتی نتوانست مقادیر استراحتی هورمون شبه متورین را تغییر دهد ( $p=0/311$ )، با این وجود از کاهش مقادیر استراحتی هورمون شبه متورین جلوگیری کرد، اما از طرف دیگر مقادیر استراحتی هورمون شبه متورین در گروه کنترل کاهش معنادار یافت ( $p=0/008$ ). تحقیق حاضر اولین تحقیق بررسی کننده‌ی یک دوره تمرین ورزشی مقاومتی بر سطوح در گردش هورمون شبه متورین است. مطالعات انسانی در خصوص اثر تمرینات ورزشی بر سطوح در گردش هورمون شبه متورین تنها یک تحقیق و از نوع تناوبی شدید است (۱۶) و دیگر مطالعات انگشت‌شمار موجود نیز اکثراً اثر یک جلسه فعالیت ورزشی را بر سطوح mRNA هورمون شبه متورین ارزیابی کرده‌اند و تنها یک مطالعه و آن هم در موشها اثر تمرینات ورزشی استقامتی را بر سطوح استراحتی mRNA هورمون شبه متورین ارزیابی کرده است، که در آن هیچ‌گونه تغییری در سطوح استراحتی mRNA هورمون شبه متورین بعد از تمرینات استقامتی در موشها مشاهده نکردند (۹). تحقیق مالکوم و همکاران نیز نشان داد که تمرینات تناوبی شدت بالای کوتاه مدت و با حجم بالا (۲۰روز، روزانه ۲بار) سبب افزایش سطوح استراحتی mRNA هورمون شبه متورین در آزمودنی‌های مرد سالم می‌شود (۱۶). در تحقیق مالکوم و همکاران (۲۰۱۷) هم‌چنین نشان داده شد که یک جلسه فعالیت ورزشی تناوبی شدت بالا سبب افزایش معنادار mRNA هورمون شبه متورین در ۳ ساعت بعد از فعالیت

ورزشی می‌شود، اما بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی تغییری در mRNA هورمون شبه متورین مشاهده نمی‌شود (۱۶). پروتکل تمرینی مالکوم و همکاران (۱۶) به نحوی طراحی شده بود که اثرات یک جلسه‌ی فعالیت ورزشی و تمرینات ورزشی تناوبی شدت بالا را بر تواماً بیان mRNA هورمون شبه متورین عضله‌ی اسکلتی ارزیابی می‌کرد. به این صورت که آزمودنی‌ها قبل از انجام تمرینات تناوبی کوتاه مدت با حجم بالا، یک فعالیت ورزشی تناوبی شدت بالا انجام دادند که شامل نمونه‌های بایوپسی قبل از فعالیت، بلافاصله بعد از فعالیت و ۳ ساعت بعد از فعالیت بود، که بیان هورمون شبه متورین در ۳ ساعت بعد از فعالیت در مقایسه با قبل فعالیت معنادار بود. بعد از انجام فعالیت ورزشی تناوبی شدت بالا آزمودنی‌ها یک دوره تمرین تناوبی شدت بالای کوتاه مدت و با حجم بالا به مدت ۲۰ روز انجام دادند، بعد از اتمام دوره‌ی تمرینی، آزمودنی‌ها دوباره فعالیت ورزشی تناوبی شدت بالا را با نمونه‌های بایوپسی قبل از فعالیت، بلافاصله بعد از فعالیت و ۳ ساعت بعد از فعالیت را تکرار کردند اما بیان mRNA هورمون شبه متورین عضله‌ی اسکلتی در ۳ ساعت ریکاوری فعالیت ورزشی تناوبی شدت بالا پس از دوره‌ی تمرینی افزایش یافت که معنادار نبود، از این رو در تحقیق مالکوم و همکاران (۱۶) عنوان گردید که افزایش mRNA هورمون شبه متورین عضله‌ی اسکلتی در شرایط استراحتی ممکن است یک پاسخ سازشی به تمرینات تناوبی شدت بالای کوتاه مدت با حجم بالا باشد، پاسخی که به دنبال ۶ هفته تمرین مقاومتی ایستگاهی در سطوح استراحتی در گردش هورمون شبه متورین در تحقیق حاضر مشاهده نشد. بنابراین به نظر می‌رسد با توجه به نتایج تحقیقاتی که تاکنون بر بیان و ترشح هورمون شبه متورین در اثر فعالیت ورزشی انجام شده است فاکتور اثرگذار در افزایش ترشح هورمون شبه

متورین آسیب عضلانی ناشی از فعالیت ورزشی باشد. زیرا هورمون شبه متورین در فراخوانی سلول‌های ایمنی درگیر در ترمیم آسیب بافتی (انوزینوفیل‌ها) نقش دارد (۱۷، ۱۸)، از طرف دیگر میزان نفوذ سلول ایمنی به عضله اسکلتی ارتباط مستقیمی با شدت فعالیت ورزشی دارد (۱۹). ماهیت فعالیت‌های ورزشی که منجر به افزایش بیان و سطوح در گردش هورمون شبه متورین شدند، با آسیب عضلانی همراهند (۹، ۱۶). در تحقیق راثو و همکاران (۹) نوع فعالیت ورزشی موش‌ها دویدن در سراسیابی بود که با انقباض برون‌گرا و بیشترین آسیب عضلانی همراه است، و سبب افزایش بیان هورمون شبه متورین در عضله همسترینگ شد، همچنین در تحقیق راثو و همکاران فعالیت مقاومتی اکستنشن (باز کردن زانو، ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه) در آزمودنی‌های انسان سبب افزایش بیان هورمون شبه متورین در عضله‌ی پهن خارجی ران گردید، زیرا در زمان پائین آوردن وزنه عضله پهن خارجی به طور برون‌گرا منقبض و احتمال آسیب عضلانی بیشتر می‌شود. در تحقیق مالکوم و همکاران نیز شدت و حجم تمرینات تناوبی بالا بود، اگرچه تمرینات HIIT به خودی خود سبب آسیب عضلانی نمی‌گردند اما فاکتورهای آن یعنی شدت، مدت، حجم و نوع فعالیت تناوبی می‌تواند در آسیب عضلانی دخیل باشند (۲۰)، از این‌رو این احتمال وجود دارد که حجم بالای تمرینات علاوه بر شدت بالای تمرینات در تحقیق مالکوم و همکاران فاکتور آسیب عضلانی و عاملی جهت افزایش ترشح هورمون شبه متورین به منظور ترمیم آسیب عضلانی باشد. در تحقیق حاضر بار تمرینی ثابت و برای هر حرکت ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه، هر حرکت سه ست، هر ست ۸-۱۲ تکرار در نظر گرفته شد، اما در تحقیق راثو و همکاران (۹) فعالیت مقاومتی باز کردن زانو شامل (هشت ست، پنج تکرار، ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه) بود. بنابراین شاید شدت، مدت زمان، حجم تمرین پروتکل تحقیق حاضر توجه‌کننده‌ی عدم افزایش سطح سرمی هورمون شبه متورین باشد. روی هم‌رفته، با توجه به نتایج تحقیق حاضر و دیگر مطالعات اندک انجام شده بر بیان و ترشح

هورمون شبه متورین، این احتمال وجود دارد که شدت و حجم فعالیت ورزشی عامل موثری در بیان و ترشح هورمون شبه متورین در پاسخ به آسیب عضلانی ناشی از فعالیت ورزشی باشد، بنابراین این‌طور می‌توان گفت که شاید هورمون شبه متورین عضلانی در پاسخ به آسیب عضلانی و به منظور ترمیم آسیب عضلانی در عضله (نقش موضعی) بیان می‌گردد و اثر افزایش سطوح در گردش هورمون شبه متورین بر افزایش متابولیسم انرژی با اثر بر تغییر فنوتیپ بافت چربی سفید اعمال (نقش آندوکرینی) می‌گردد. با توجه به نوع روش اندازه‌گیری هورمون شبه متورین (در خون) و عدم امکان تهیه نمونه‌های بافتی عضلانی و چربی از آزمودنی‌ها این گفته در حد تئوری است و نیاز به انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه احساس می‌گردد. علاوه بر این در تحقیق حاضر سطوح سرمی هورمون شبه متورین در گروه کنترل کاهش معنی‌داری ( $p = 0/008$ ) را نشان داد. هورمون شبه متورین علاوه بر عضله اسکلتی، در بافت چربی سفید به مقدار زیاد تحت شرایط متابولیکی مثل قرارگیری در معرض سرما و چاقی ناشی از رژیم غذایی در موش‌ها بیان می‌گردد (۹) اما نقش هورمون شبه متورین در چاقی انسان‌ها نسبت به موش‌ها کمتر مشخص است. در تحقیق لوفلر و همکاران اثبات گردید که بیان هورمون شبه متورین در آدیپوسیت‌های کودکان چاق در مقایسه با کودکان لاغر بالاتر بود و با سن و BMI کودکان همبستگی مثبت دارد، که با مطالعات نشان‌دهنده‌ی افزایش بیان هورمون شبه متورین در موش‌های چاق هم‌خوانی دارد، همچنین اثبات گردید که بیان بیش از حد هورمون شبه متورین تمایز آدیپوسیتی را مهار، درحالی‌که تنظیم کاهشی هورمون شبه متورین آدیپوزنز را تقویت می‌کند (۲۱). به طور کلی، یافته‌های حاصل از تحقیق لوفلر و همکاران بیان می‌کنند که هورمون شبه متورین سبب ایجاد یک بافت چربی هایپر تروفی شده از طریق ذخیره‌ی چربی‌ها در آدیپوسیت‌های موجود می‌گردد، درحالی‌که بیان بیش‌از‌حد هورمون شبه متورین در آدیپوسیت‌ها تشکیل آدیپوسیت‌های جدید را مهار می‌کند (۲۱). بنابراین به‌نظر



می‌رسد که هورمون شبه متئورین به روشی وابسته به غلظت عمل می‌کند که در غلظت نرمال تمایز آدیپوسیتی و لیپوژنز را تحریک و در غلظت زیاد مانع تمایز آدیپوسیتی و چاقی می‌شود (۱۱). از این رو، در تحقیق حاضر این احتمال وجود دارد که تنظیم کاهشی هورمون شبه متئورین در گردش با افزایش وزن آزمودنی‌های گروه کنترل مرتبط باشد چنانچه در تحقیق حاضر ارتباط معکوس و معناداری بین تغییرات هورمون شبه متئورین با تغییرات وزن ( $r = -0.45, p = 0.04$ ) هم‌چنین نتایج آزمون همبستگی در تحقیق حاضر ارتباط منفی اما غیر معنی‌داری را بین تغییرات هورمون شبه متئورین سرم با تغییرات شاخص مقاومت به انسولین نشان داد ( $r = -0.20, p = 0.39$ ) (جدول ۳). در تحقیق لوفلر و همکاران، با توجه به نقش هورمون شبه متئورین در متابولیسم گلوکز و انسولین، یک همبستگی مثبت بین بیان هورمون شبه متئورین بافت چربی با سطوح در گردش انسولین مشاهده شد (۲۱). در تحقیق حاضر در گروه کنترل سطوح سرمی هورمون شبه متئورین کاهش معنی‌دار (شکل ۱) و سطوح سرمی انسولین افزایش غیر معنی‌داری نشان دادند (جدول ۲)، که با نتیجه‌ی تحقیق لوفلر مبنی بر افزایش بیان هورمون شبه متئورین در جهت کاهش هایپرانسولینی و بهبود حساسیت انسولینی مطابقت ندارد. گزارش شده است که ورزش مقاومتی به طور فزاینده‌ای به یک روش تمرینی توصیه شده برای کنترل و کاهش وزن در افراد چاق تبدیل شده است (۱۲). بیش‌ی و همکاران (۲۲) و چادکی و پتلا (۲۳) نشان دادند که تمرین مقاومتی دایره‌ای (ایستگاهی) یک روش موثر برای بهبود ترکیب بدنی می‌باشد. در تحقیقی دیگر نشان داده شد که پروتکل‌های دایره‌ای فقط سبب کاهش معنادار در چربی بدن در افراد دارای اضافه وزن می‌گردد (۲۴). پائولی و همکاران نشان دادند که اثر تمرین دایره‌ای بر شاخص‌های فیزیولوژیکی وابسته به شدت است، به این صورت که آزمودنی‌هایی که تمرینات دایره‌ای شدت بالا برای ۱۲ هفته انجام دادند، بیشترین کاهش‌ها را در وزن بدن، درصد چربی بدن، محیط کمر نسبت به گروه دایره‌ای شدت پائین داشتند

(۲۵). عدم تأثیر پروتکل تمرینی حاضر بر وزن و درصد چربی بدن آزمودنی‌های دارای اضافه‌وزن را احتمالاً می‌توان به شدت متوسط و ثابت (۶۰ درصد یک تکرار بیشینه) و مدت زمان تام پروتکل (شش هفته) مرتبط دانست. اما با توجه به شرایط سنی و غیرفعال بودن آزمودنی‌های تحقیق به نظر می‌رسد که فاکتور مدت زمان تام پروتکل (۶ هفته) عامل موثرتری در توجیه عدم تأثیر پروتکل حاضر بر شاخص‌های ترکیب بدنی باشد، زیرا نشان داده شده که تمرین مقاومتی با شدت متوسط می‌تواند اثرات مطلوبی بر ترکیب بدن در نوجوانان و کودکان داشته باشد (۲۶). هم‌چنین در تحقیق حاضر سطوح گلوکز، انسولین ناشتا و شاخص مقاومت به انسولین آزمودنی‌ها نیز بعد از شش هفته تمرین مقاومتی ایستگاهی بهبود نیافت. وندر و همکاران (۲۷) نشان دادند که ترکیب بدنی و حساسیت انسولینی بعد از سه ماه تمرین مقاومتی در نوجوانان چاق بهبود می‌یابد. هم‌چنین لی و همکاران (۲۸) نشان دادند که تمرین مقاومتی قادر به افزایش حساسیت انسولینی در نوجوانان چاق می‌باشد که با نتایج تحقیق حاضر در تضاد است. به طور کلی برخی مطالعات و طرح‌های تحقیقی، قطعاً نه همه‌ی آنها، از نقش تمرینات مقاومتی در ایجاد تغییرات موثر در سندرم متابولیک و مقاومت به انسولین حمایت می‌کنند (۲۹)، اما شدت و مدت زمان مورد نیاز تمرین مقاومتی جهت دستیابی به بهره‌مندی معنی‌دار مبهم است (۲۹). شدت و مدت زمان پروتکل تحقیق حاضر را می‌توان از علل نتایج به‌دست آمده دانست. شدت تمرینات ورزشی، مدت فعالیت و تفاوت‌های جمعیتی و حجم جامعه تفاوت موجود در مطالعات را توجیه می‌کند، به طوریکه نیاز به مطالعات بیشتر و پروتکل‌های ورزشی مختلف احساس می‌شود. با توجه به اینکه چربی قهوه‌ای از طریق نقشی که در گرمایی دارد بر متابولیسم کل بدن و حساسیت به انسولین مؤثر است و از آن‌جا که هورمون شبه متئورین چربی سفید را به قهوه‌ای تبدیل می‌کند، می‌تواند در بهبود حساسیت به انسولین و تحمل گلوکز و کاهش وزن مؤثر باشد (۹، ۱۱). از محدودیت‌های تحقیق حاضر می‌توان به عدم امکان ارزیابی مستقیم تغییر

from body mass index values in childhood and adolescence. *Am J of Clin Nutr.* 2002; 76: 653-58.

3. Barton M. Childhood obesity: a life-long health risk. *Acta Pharmaco Sci.* 2012; 33(2): 189-93.

4. Niet JE, Naiman DI. Psychosocial aspects of childhood obesity. *Minerva Pediatr.* 2011; 63: 491-505.

5. Hawley JA. Exercise as a therapeutic intervention for the prevention and treatment of insulin resistance. *Diabetes Metab Rev.* 2004; 20: 383-393.

6. Pedersen BK, Febbraio MA. Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. *Nat Rev Endocrinol.* 2012; 8(8): 457-65.

7. Baynard T, Vieira-Potter VJ, Valentine RJ, and Woods JA. Exercise training effects on inflammatory gene expression in white adipose tissue of young mice. *Mediat - Inflamm.* 2012, 767953.

8. Gleeson M, Bishop N.C, Stensel DJ, Lindley MR, Mastana SS, and Nimmo MA. The anti-inflammatory effects of exercise: mechanisms and implications for the prevention and treatment of disease. *Nat Rev Immunology.* 2011; 11: 607-615.

9. Rao RR, Long JZ, White JP, Svensson KJ, Lou J, Lokurkar I, et al. Meteorin-like is a hormone that regulates immune-adipose interactions to increase beige fat thermogenesis. *Cell J.* 2014; 157(6): 1279-91.

10. Li ZY, Zheng SL, Wang P, Xu TY, Guan YF, Zhang YJ et al. Subfatin is a novel adipokine and unlike Meteorin in adipose and brain expression. *CNS Neurosci Ther.* 2014; 20(4): 344-54.

11. Li ZY, Song J, Zheng SL, Fan MB, Guan YF, Qu Y et al. Adipocyte Meteorin-like hormone antagonizes insulin resistance through PPAR gamma signaling. *Diabetes.* 2015.

12. Thomas-Gwendolyn A, Kraemer-William J, Comstock-Brett A, Dunn-Lewis C, Volek-Jeff S, Denegar-Craig R. Et al. Effects of resistance exercise and obesity level on ghrelin and cortisol in men. *Metab J.* 2012; 61(6):860-8.

13. Nascimento M, Cyrino S, Nakamura Y, Romanzini M, Pianca H, & Queiróga M. Validation of the Brzycki equation for the

فنونیب از راه مطالعه‌ی نوع آدیپوسیت‌ها، عدم امکان بایوپسی، تعداد کم نمونه‌ها در هر گروه و عدم کنترل تغذیه‌ی آزمودنی‌ها بود هرچند که از آن‌ها خواسته شده بود که حتی‌الامکان از دستکاری رژیم غذایی و مصرف مکمل پرهیز کنند.

### نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که شش هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای (ایستگاهی) نمی‌تواند سطح سرمی هورمون شبه متورین را تغییر و شاخص مقاومت به انسولین و ترکیب بدنی را در پسران نوجوان دارای اضافه‌وزن را بهبود بخشد. این نتایج نشان داد که تمرین مقاومتی دایره‌ای (ایستگاهی) نمی‌تواند سطح در گردش مایوکین تغییر دهنده‌ی فنونیب بافت چربی سفید را افزایش دهد، بنابراین مطالعات انسانی و مکانیسم - محور بیشتری جهت بررسی پاسخ ترشحی این مایوکین به فعالیت‌های ورزشی با شدت‌های مختلف و بررسی اثرات سیستمیک این مایوکین مورد نیاز است.

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از رساله‌ی دکتری به شماره‌ی ۱۲۴۶۶۲۰ مصوب دانشکده‌ی تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه مازندران است و با کمک هزینه‌ی پژوهشی دانشگاه مازندران برای دانشجویان دکتری انجام شده است. نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از همکاری آزمودنی‌های محترم جهت شرکت در تحقیق حاضر تشکر و قدردانی نمایند.

### منابع

1. Kelishadi R, Ardalan G, Gheiratmand R, Majdzadeh R, Hosseini M, Gouya MM, et al. Thinness, overweight and obesity in a national sample of Iranian children and adolescents: Caspian Study. *Child Care Health Dev.* 2008; 34:44-54.
2. Guo SS, Wu W, Chumlea WC, Roche AF. Predicting overweight and obesity in adulthood

- estimation of 1-RM in the bench press. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2007; 13(1), 47-50.
14. Wallace TM, Levy JC, Matthews DR. Use and abuse of HOMA modeling. *Diabetes Care*. 2004; 27: 1487-1495.
15. Dwyer GB, Davis SE. ACSM's health-related physical fitness assessment manual. Lippincott Williams & Wilkins. 2008.
16. Eaton M, Granata C, Barry J, Safdar A, Bishop D, Little J. P. Impact of a single bout of high-intensity interval exercise and short-term interval training on interleukin-6, FNDC5, and Meteorin-like hormone mRNA expression in human skeletal muscle, *J Spor and Heal Sci*. 2017, doi: 10.1016/j.jshs.2017.01.003.
17. Arnold L, Henry A, Poron F, Baba-Amer Y, van Rooijen N, Plonquet A, et al. Inflammatory monocytes recruited after skeletal muscle injury switch into anti-inflammatory macrophages to support myogenesis. *J experi med*. 2007; 204:1057-1069.
18. Heredia JE, Mukundan L, Chen FM, Mueller AA, Deo RC, Locksley RM, Rando TA, Hawla A. Type 2 innate signals stimulate fibro/adipogenic progenitors to facilitate muscle regeneration. *Cell J*. 2013; 153:376-388.
19. JG Y. Re-evaluation of sarcolemma injury and muscle swelling in human skeletal muscles after eccentric exercise. *PLoS One*. 2013; 8: e62056.
20. John, SC. High intensity interval training induces a modes inflammatory response in active, young males. A MA thesis Submitted to the Graduate School at Appalachian State University. May 2013.
21. Löffler D, Landgraf K, Rockstroh D, Schwartz JT, Dunzendorfer H, Kiess W, et al. Meteorin-Like hormone decreases during adipogenesis and inhibits adipocyte differentiation leading to adipocyte hypertrophy in humans. *International J Obes (Lond)*. 2017; 41(1): 112-119.
22. Bishay RH, Omari A, Zang J, Lih A, Kormas N. Divide and conquer: The multidisciplinary approach to achieving significant long-term weight loss and improved glycemic control in obese patients with type 2 diabetes. *Clin Diabetes J*. 2013; 31:14-20.
23. Chudyk A, Petrella RJ. Effects of exercise on cardiovascular risk factors in type 2 diabetes: A meta-analysis. *Diabetes Care*. 2011; 34:1228-37.
24. Contrò V, Bianco A, Cannizzaro C, Traina M, Palma A & Proia P. Effects of different circuit training protocols on body mass, fat mass and blood parameters among overweight adults. In *The international scientific conference. Motor ability in sports- Theoretical assumptions and practical implications*. Krakow. *J Biological Res*. 2017; 90:6279.
25. Paoli A, Pacelli QF, Moro T, et al. Effects of high-intensity circuit training, low-intensity circuit training and endurance training on blood pressure and lipoproteins in middle-aged overweight men. *Lipids Health Diseases*. 2013; 12:131.
26. Dietz PS, Hoffmann S, Lachtermann E, Simon P. Influence of exclusive resistance training on body composition and cardiovascular risk factors in overweight or obese children: a systematic review. *Obesity Facts*. 2012; 5(4): 546-60.
27. Van Der Heijden GJ, Wang ZJ, Chu Z, et al. Strength exercise improves muscle mass and hepatic insulin sensitivity in obese youth. *Med Sci Spor Exer*. 2010; 42(11):1973-80.
28. Lee S, Bacha F, Hannon T, Kuk JL, Boesch C, Arslanian S. Effects of aerobic versus resistance exercise without caloric restriction on abdominal fat, intrahepatic lipid, and insulin sensitivity in obese adolescent boys: a randomized, controlled trial. *Diabetes*. 2012; 61(11):2787-95.
29. Bea JW, Blew RM, Howe C, Hetherington-Rauth M, Going SB. Resistance Training Effects on Metabolic Function Among Youth: A Systematic Review. *Pediatr Exer Sci*. 2017; Jan 4:1-42.