

The Effect of Four Weeks of Endurance Exercise on the Expression of Muscle Myonectin Levels and Insulin Resistance in the Adult Rat

Elham Vosadi^{1*}, Ali Asghar Ravasi², Rahman Soori³, Zohreh Mazaheri⁴, Fatemeh Shabkhiz³, Hamed Barzegar¹

- 1- Ph.D., Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education, Tehran University, Tehran, Iran
2- Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education, Tehran University, Tehran, Iran
3- Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education, Tehran University, Tehran, Iran
4- Assistant Professor, Department of Anatomical Sciences, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

*Corresponding Address: Postal Code: 1439813117, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education, Tehran University, Tehran, Iran
Email: E.vosadi@ut.ac.ir

Received: 05/Oct/2016, Accepted: 12/Dec/2016

Abstract

Objective: Myokines derived from skeletal muscle modulate metabolic, inflammatory, and other processes. Myonectin, a novel myokine, expression and circulating levels are tightly regulated by metabolic state and exercise. This study aims to investigate the effect of 4 weeks of endurance training on gene expression in myonectin muscle activity and plasma insulin resistance in adult male rats.

Methods: We divided 16 Wistar rats (mean weight: 230 ± 15 g; age: 8 weeks) into two groups: (1) endurance training and (2) control. Animals in the exercise group received 4 weeks of endurance training (5 sessions per week) that included running on a treadmill for 45 minutes. The control group did not undertake any exercise. We measured soleus muscle homogenates and myonectin gene expression by real-time PCR. The enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) method measured insulin resistance. The data were analyzed by the independent t-test. Differences were considered significant at $P < 0.05$.

Results: The endurance training groups had a significant increase in myonectin gene expression compared with the control group ($P = 0.048$). Insulin resistance had no significant decrease comparison with the control group ($P = 0.500$).

Conclusion: The results of the present study suggest that endurance training increased the body's metabolism through the secretion of myonectin.

Keywords: Myonectin, Insulin resistance, Endurance exercise, Adult rat

Pathobiology Research, Vol. 19 (2016-2017), No.2, Pages: 89-97

تأثیر ۴ هفته فعالیت ورزشی استقامتی بر بیان ژن مایونکتین عضلانی و مقاومت به انسولین رت‌های نر بالغ

الهام وسدی^{۱*}، علی اصغر رواسی^۲، رحمان سوری^۳، زهره مظاہری^۴، فاطمه شیخیز^۵، حامد بروزگر^۶

- ۱- دانش آموخته دکتری تخصصی فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲- استاد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۳- دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۴- استادیار، گروه علوم تشریح، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

*آدرس نویسنده مسئول: ایران، تهران، کدپستی: ۱۴۳۹۸۱۳۱۱۷، دانشگاه تهران، دانشکده تربیت بدنی، گروه فیزیولوژی ورزشی

Email: E.vosadi@ut.ac.ir

پذیرش مقاله: ۹۵/۰۹/۲۲

دریافت مقاله: ۹۵/۰۷/۱۴

چکیده

هدف: مایوکاین‌ها به عنوان عوامل مشتق شده از عضله اسکلتی، سوخت و ساز بدن، التهاب، و فرآیندهای دیگر را تعدیل می‌کند. مایونکتین، یک مایوکاین جدید است که بیان و سطوح در حال گردش آن، با چگونگی سوخت و ساز بدن و فعالیت ورزشی تنظیم می‌شود. هدف از پژوهش حاضر بررسی ۴ هفته فعالیت ورزشی استقامتی بر بیان ژن مایونکتین عضلانی و مقاومت به انسولین رت‌های نر بالغ است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش تجربی ۱۶ سر رت نر بالغ از نژاد ویستار (با سن ۸ هفته و میانگین وزن ۲۱۳ ± 15 گرم)، در دو گروه ۸ تایی کنترل و تمرینی تقسیم‌بندی شدند. گروه تمرین، ۴ هفته و در هر هفته ۵ جلسه، تمرینات استقامتی که شامل دویدن روی نوار گردان مخصوص چوندگان بود را به مدت ۴۵ دقیقه، در رأس ساعت مشخصی در طول روز انجام دادند و در همین زمان، گروه کنترل هیچ‌گونه تمرینی نداشت. ابتدا عضله نعلی هموژن شد و میزان بیان ژن مایونکتین با روش Real-time PCR سنجیده شد و از نمونه‌های خونی جمع‌آوری شده، سطوح انسولین به روش الیزا و سطوح گلوکز به روش گلوكز اکسیداز اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از روش آماری t مستقل با $P<0.05$ تحلیل شد.

نتایج: یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد، مقادیر بیان ژن مایونکتین پس از ۴ هفته فعالیت ورزشی استقامتی، در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل افزایش معنی داری داشت ($P=0.048$). به علاوه؛ مقاومت به انسولین پس از ۴ هفته فعالیت ورزشی استقامتی، کاهش را به همراه داشت ولی این کاهش معنی داری نبود ($P=0.500$).

نتیجه‌گیری: با توجه به پارامترهای حاصل از مطالعه به نظر می‌رسد، فعالیت ورزشی استقامتی می‌تواند موجب افزایش متابولیسم بدن از طریق ترشح مایونکتین شود.

کلیدواژگان: مایونکتین، مقاومت به انسولین، فعالیت ورزشی استقامتی، رت بالغ

پژوهش‌های آسیب شناسی زیستی، دوره ۱۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، صفحات: ۹۰-۹۷

مقدمه

فعالیت ورزشی مناسب می‌تواند یک ابزار مؤثر برای بازگرداندن مستقیم گلوکز عضلات اسکلتی و جذب چربی و

پژوهش‌های آسیب شناسی زیستی، دوره ۱۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵

۹۰

تأثیر تمرين استقامتی بر بیان ژن مایونکتین عضلانی و مقاومت به انسولین رت های نر بالغ

سیگنالی که در جایه جایی انتقال دهنده های اسید چرب نقش دارند، تا حدودی ناشناخته است و محققین در مطالعه ای فعال Adenosine-Activated شدن آدنوزین مونوفسفات کیناز (AMPK: Monophosphate Protein Kinase) را بر انتقال FAT/CD36 و FABPpm و پروتئین های حمل و نقل کننده مؤثر دانستند [۵].

با توجه به نظر محققین، بیان مایونکتین توسط عوامل محیطی، فعالیت ورزشی و تغذیه تحریک می شود. سلдин و همکاران (۲۰۱۲) نشان داده اند که گرسنگی منجر به سرکوب mRNA و mRNA مایونکتین و تغذیه مجدد به طور چشم گیری، سطوح سرم آن را افزایش می دهد [۶]. از طرفی سطوح mRNA و سرطان در حال گردش مایونکتین در حالت چاقی با رژیم غذایی کاهش می یابد. از این رو می توان مایونکتین را یک مایوکاین حسگر تغذیه ای دانست که در توسعه دریافت و ذخیره سازی نقش دارد [۶].

علاوه بر رژیم غذایی، فعالیت ورزشی عاملی تأثیرگذار بر بیان مایونکتین است. سلдин و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهش خود به بررسی تأثیر فعالیت ورزشی داوطلبانه بر بیان ژن مایونکتین در رت های ۸ هفته ای نر بالغ پرداختند. نتایج تحقیق افزایش بیان مایونکتین و سطوح در گردش را به همراه داشت [۶]. در حالی که Lim (Lim) و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه خود سطوح کاهش یافته C1QTNF15 را پس از ۱۰ هفته فعالیت ورزشی هوازی با ۶۰ تا ۸۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی در ۲۸ زن جوان و سالمند سالم نشان دادند؛ و ارزیابی مدل هموستاز مقاومت انسولینی به شکل قابل توجهی بعد از فعالیت ورزشی به شکل قابل توجهی کاهش یافت و این مسئله در ارتباط مستقیم با مایونکتین بود [۷]. Peterson (Peterson) و همکاران (۲۰۱۴) نیز در زمینه تأثیر فعالیت ورزشی بر بیان ژن مایونکتین عضله دیافراگم موش های چاق و لاغر، به این نتیجه دست یافتند که ۹ هفته فعالیت ورزشی استقامتی به کمک تردیمیل بیان ژن مایونکتین را در هر دو مدل موش کاهش اما سطح مایونکتین عضلانی را افزایش می دهد [۱].

سوخت و ساز بدن باشد. با این حال، علاوه بر آثار مستقیم عضلات اسکلتی بر قند و چربی، محققین در صدد بررسی توانایی عضلات اسکلتی برای هماهنگی فعالیت متابولیک بافت های دیگر به واسطه مایوکاین ها (Myokines) هستند [۱] که می توانند به شکل اتوکرین، پاراکراین یا یک آندوکراین عمل کنند تا سوخت و ساز بدن، التهاب و فرآیندهای دیگر را تعدیل کنند [۲].

در این مطالعه، به توصیف مایونکتین (Myonectin)، به عنوان یک مایوکاین جدید که متعلق به خانواده پروتئینی مرتبط با (Clq/TNF α related protein) Clq CTRP/isofrom 15 است [۲]، پرداخته می شود که این مایوکاین توسط سلدين (Seldin) و همکاران (۲۰۱۲) کشف شده است [۲]. ساختار C1QTNF15:Clq / TNF (isoform1) از میوسیت (Myocyte) است و بر خلاف آدیپونکتین (Adiponectin)، که به طور انحصاری توسط سلول های چربی متمایز بیان می شود، C1QTNF15 در طیف گسترده ای از بافت بیان و به نظر می رسد که ساختارهای فراوان و عملکردهای مرتبط با ماتریکس خارج سلولی زیادی دارد [۳]؛ به طوری که نقش C1QTNF15 تا حد زیادی ناشناخته است.

عملکرد مایونکتین مرتبط با سوخت و ساز چربی است و از طریق برداشت اسید چرب سلول های چربی بالغ و کبدی موجب کاهش سطح اسیدهای چرب آزاد پلاسمای می شود. به نظر می رسد این آثار با افزایش پروتئین های حمل و نقل، (Cluster of differentiation 36: CD36)، Fatty acid transport protein-1: FATP1 و پروتئین متصل به اسید چرب (acid binding protein: FABP4) صورت می گیرد [۴]. تحریکات انقباضی موجب افزایش این پروتئین های انتقال دهنده در FABPpm و FABP (FAT/CD36) پلاسمالم در عضلات اسکلتی می شود و تنظیم بیان ژن های (Fabp1, FATP1, CD36) و (FABP4)، برداشت چربی را افزایش می دهد [۲]. مسیرهای

نتایج مطالعات انجام شده توسط محققین در زمینه تأثیر فعالیت ورزشی بر مقادیر مایونکتین و ارتباط آن با شاخص مقاومت به انسولین متناقض است؛ و ارایه گزارش مناسب در زمینه تمرین ورزشی بر عوامل مؤثر بر متابولیسم، ضروری به نظر می‌رسد. از این رو در این پژوهش، تأثیر ۴ هفته فعالیت ورزشی استقامتی بر بیان ژن مایونکتین عضلانی و مقاومت به انسولین بررسی شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با در نظر گرفتن کلیه اصول اخلاقی کار با حیوانات آزمایشگاهی انجام گرفت، که طی نامه‌ای به شماره ۱۴۱/۳۷۰۲۹۹ در جلسه کمیته اخلاق پژوهشکی دانشگاه تهران مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۰۴ مطرح گردید. در مطالعه تجربی حاضر، ۱۶ سر رت نر نژاد ویستار (با سن ۸ هفته و میانگین وزن ۲۱ ± ۱۵ گرم)، در دو گروه ۸ تایی کترل و تمرینی به شکل تصادفی تقسیم شدند. رت‌ها تحت شرایط کترل شده در دمای ۲۲ ± ۳ درجه سانتی گراد و تحت چرخه خواب و بیداری (۱۲ ساعت روشناختی و ۱۲ ساعت تاریکی) و رطوبت ۴۰ تا ۶۰ درصد، بدون هیچ گونه محدودیت غذایی و آب نگهداری شدند. برای کاهش استرس و آشنازی حیوانات با محیط جدید، رت‌ها به مدت یک هفته روی نوار گردن با سرعت ۸ متر در دقیقه و ۱۰ دقیقه در طول هر روز فعالیت کردند. به دنبال آن گروه تمرینی ۴ هفته و در هر هفته ۵ جلسه، تمرینات استقامتی که شامل دویلن بر روی نوار گردن مخصوص جوندگان است را به مدت ۴۵ دقیقه، در رأس ساعت مشخصی در طول روز انجام دادند و در همین زمان، گروه کترل هیچ گونه تمرینی نداشت. پروتکل تمرینی به این شکل بود که ابتدا اجرا با سرعت ۱۵ متر/دقیقه به مدت ۵ دقیقه/روز صورت گرفت. سپس مدت زمان و سرعت به تدریج با ۳-۲ دقیقه/روز و ۱-۲ متر/دقیقه در هر هفته افزایش یافت به طوری که در هفته چهارم، حیوانات با سرعت ۲۰ متر/دقیقه به مدت ۴۵ دقیقه/روز فعالیت کردند [۱۱] (جدول ۱).

پژوهش‌های نیز به ارتباط تعییرات سطح مایونکتین و تأثیر بر مقاومت به انسولین (Insulin resistance) اشاره کرده‌اند [۱، ۷، ۸]. از سوی دیگر، انسولین با هماهنگی با تنظیم ذخیره و مصرف مولکول‌های سوختی عضلات اسکلتی، کبد و بافت چربی، نقش بسیار مهمی در حفظ تعادل سوخت و ساز انرژی ایفا می‌کند. مقاومت به انسولین به حالتی اشاره دارد که سطح در گردش انسولین بالاتر از غلاظت‌های فیزیولوژی فیزیولوژیک انسولین، آن کمتر مؤثر است. در وضعیت مقاومت انسولین، سلول‌های بتای پانکراس در تلاش برای حفظ قند طبیعی خون و غلبه بر کاهش توانایی بعضی بافت‌ها برای پاسخ به انسولین، با ترشح انسولین بیشتر به گلوکز مازاد پلاسمای پاسخ می‌دهند. مقاومت به انسولین یکی از ویژگی‌های بزرگ اصلی دیابت نوع ۲ است و این امر بیشتر به چاقی نسبت داده می‌شود. این رویدادها در ترکیب با یکدیگر خطر بیماری‌های قلبی عروقی و مرگ و میر وابسته به چاقی را افزایش می‌دهد. شواهد زیادی وجود دارد که به نقش چاقی در شروع مقاومت به انسولین اشاره دارد [۹]. فعالیت ورزشی به عنوان عاملی تأثیرگذار بر سوخت و ساز گلوکز با واسطه وابسته به انسولین، در افراد سالم و جوندگان طبیعی انسان و حیوان سالم محسوب می‌شود. فعالیت ورزشی استقامتی می‌تواند در بهبود تحمل گلوکز، حساسیت انسولین کل بدن و عملکرد انسولین در انتقال گلوکز عضله اسکلتی، نقش داشته باشد. به نظر می‌رسد بیان پروتئین GLUT4 و نیز پاسخ‌های انتخابی آنزیم‌های درگیر با فسفوریل‌اسیون و اکسیداسیون گلوکز ارتباط داشته باشد [۱۰]. در این زمینه گاماز (Gamas) و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که بیان و ترشح مایونکتین احتمالاً متأثر از مقاومت انسولینی است و مایونکتین با تنظیم متابولیسم گلوکز و لیپید می‌تواند موجب پیشگیری از توسعه مقاومت انسولینی شود [۸]. لیم و همکاران (۲۰۱۲) نیز به بررسی این ارتباط پرداختند و گزارش کردند که مایونکتین موجب افزایش فعالیت AMPK و تحریک انتقال دهنده‌های گلوکز در عضله اسکلتی و افزایش برداشت گلوکز در عضله اسکلتی می‌شود [۸، ۷].

تأثیر تمرین استقامتی بر بیان ژن مایونکتین عضلانی و مقاومت به انسولین رت های نر بالغ

به عنوان تخلیص مطلوب تعریف شد. ستر cDNA با استفاده (Qiagen) Thermo fisher Reverse Transcription از آلمان) و بر اساس دستورالعمل شرکت سازنده صورت گرفت.

Real Time-PCR

اندازه گیری سطوح بیان ژن مایونکتین بافت عضله نعلی از روش کمی Real Time-PCR با استفاده از سایبر گرین Applied Biosystems Step One (Syber green) (آمریکا). مخلوط واکنش در حجم نهایی ۲۰ میکرولیتر [شامل ۱ میکرولیتر cDNA، ۱ میکرولیتر آغازگر جلویی (Forward)، ۱ میکرولیتر آغازگر برگشتی (Reverse)، ۷ میکرولیتر آب Diethylpyrocarbonate (Depc) بود و هر واکنش به صورت تکراری (Duplicate) صورت پذیرفت. طراحی آغازگرها بر اساس اطلاعات در بانک ژنی NBCI و توسط شرکت پیشگام (ایران) انجام شد. توالی آغازگرهای مورد استفاده در جدول ۲ گزارش شده است؛ ضمن این که از Glyceraldehyde-3-phosphate (Gapdh) به عنوان ژن مرجع استفاده شد. برنامه دمایی مورد استفاده در Realtime-PCR شامل: ۹۵ به مدت ۱۰ دقیقه - ۹۵ به مدت ۱۵ ثانیه، ۶۰ به مدت ۱ دقیقه (تکرار ۴۰ چرخه) بود. نمودار ذوب (Melt) برای بررسی درستی داده ها و نمودار استاندارد به منظور بهینه سازی شرایط آزمایش رسم شد و بیان داده ها توسط نسبت بیان ژن مایونکتین به ژن مرجع محاسبه شد. میزان بیان ژن های مورد نظر نیز با روش $\Delta\Delta^{CT}$ اندازه گیری شد.

جدول ۱ پروتکل فعالیت ورزشی استقامتی طی ۴ هفته تمرین [۱۱]

ردیف	مدت (دقیقه)	سرعت (متر / دقیقه)	هفت
۱	۱۵	۱۵	اول
۲	۱۶-۱۷	۱۵-۲۰	دوم
۳	۱۸-۱۹	۲۵-۳۵	سوم
۴	۲۰	۳۵-۴۵	چهارم

اندازه گیری بیان ژن مایونکتین عضلانی استخراج RNA و سنتز cDNA

پروتکل تمرینی ۲۴ ساعت پیش از نمونه برداری رت ها پایان یافت. استخراج RNA کل از عضله نعلی با استفاده از کیت QIAzol Lysis Reagent (Qiagen، آلمان) به روش دستی و طبق دستورالعمل شرکت سازنده انجام شد. بدین صورت که حدود ۵۰ میلی گرم بافت عضله نعلی به صورت جداگانه، برای استخراج RNA کل به نسبت ۱ به ۱۰ در سپس ۲۰۰ میکرولیتر کلروفرم به مخلوط هموژن شده افزوده شد و به مدت ۱۵ ثانیه به شدت تکان داده شد. محصول در ۴ درجه سانتی گراد، ۱۵ دقیقه، ۱۲۰۰۰g سانتریفوژ شد. بخش محتوی RNA برداشته و با نسبت ۱ به ۰/۵ با ایزوپروپانول مخلوط و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای اتاق رها و سپس در ۴ درجه سانتی گراد، ۱۰ دقیقه با دور ۱۲۰۰۰g سانتریفوژ شد. پلت (Pellet) حاوی RNA در اتانول شستشو و در ۲۰ میکرولیتر آب RNAS-Free RNA حل شد. غلظت RNA مورد سنجش واقع شد (Eppendorff، آلمان) و نسبت ۲۶۰ به ۲۸۰ بین ۱/۸ تا ۲

جدول ۲ توالی، طول محصول و دمای ذوب آغازگرهای استفاده شده

نام ژن	کد ژن	توالی آغازگر (۵'-۳')	طول محصول (جفت باز)	دمای ذوب (درجه سانتی گراد)
مایونکتین	XM_001060107_5	GGCAAGCTCTGGAAAGCAAGG-3' 5'-AGAGCAACCCAGGAGTCATT CAG-3' برگشتی	۱۵۹	۸۰/۳۰
Gapdh	NM017008_4	5'-GACATGCCGCCTGGAGAAC-3' 5'-AGCCCAGGATGCCCTTAGT-3' برگشتی	۹۲	۷۹/۹۱

میلی لیتر) تقسیم بر ثابت ۲۲/۵ به دست آمد (جدول ۳).

تجزیه و تحلیل آماری

اطلاعات مورد نیاز پس از جمع‌آوری، توسط نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ و کلیه نتایج به صورت (Mean \pm SEM) (بیان و در سطح معنی‌داری $P < 0.05$) تجزیه و تحلیل شد. بعد از اطمینان از طبیعی بودن توزیع متغیرهای پژوهش، از آزمون آماری t مستقل استفاده شد.

بررسی مقاومت به انسولین

غلظت گلوکز سرمی به روش گلوکز اکسیداز و با استفاده از کیت شرکت پارس آزمون و توسط دستگاه اتوآنالایز 704 Hitachi (ساخت ژاپن-آلمان) اندازه گیری شد و سنجش سطح سرمی انسولین از طریق روش الیزا و کیت پارس آزمون انجام گرفت. شاخص مقاومت انسولین با استفاده از معادله HOMA-IR محاسبه شد [۱۲]؛ که بر اساس حاصل ضرب غلظت گلوکز ناشتا (میلی مول بر لیتر) در غلظت انسولین ناشتا (میکرو واحد بر

جدول ۳ مقادیر انسولین، گلوکز و مقاومت به انسولین در گروه تمرین و کنترل

گروه‌ها	انسولین(میکرو واحد/میلی لیتر)	گلوکز(میلی مول/لیتر)	مقاومت به انسولین
گروه کنترل	۶۰۹۳ \pm ۱۴۳	۱۲۳۵ \pm ۰۳۰	۴/۵۶۶ \pm ۰۲۶
گروه تمرین	۴/۵۸۶ \pm ۱۹۱	۰/۹۳۶ \pm ۰۳۷	۴/۶۱۴ \pm ۰۱۰

داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار ارایه شده‌اند.

نتایج

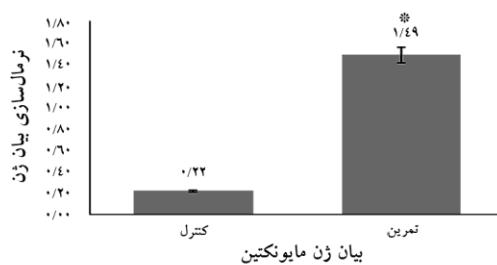
در مطالعه حاضر، وزن رت‌ها در طول چهار هفته ثبت شد که در جدول زیر داده‌های مربوط به هفته‌های اول و چهارم آمده است (جدول ۴).

جدول ۴ نتایج وزن حیوانات در هفته اول و هفته چهارم

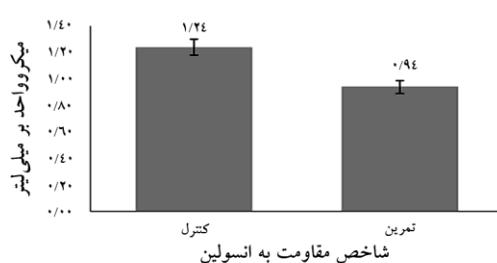
گروه‌ها	وزن هفته اول (گرم)	وزن هفته چهارم (گرم)
گروه کنترل	۲۰۷/۵ \pm ۱۰/۶۲	۲۸۴/۴ \pm ۱۱/۴۹
گروه تمرین	۲۱۰/۸۷۵ \pm ۱۷/۸۲	۲۶۸/۶۲ \pm ۲۶/۳۴

داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار ارایه شده‌است.

یافته‌های مربوط به متغیرهای بیوشیمیابی و بیان ژن نشان دهنده افزایش معنی‌دار مقادیر بیان ژن مایونکتین عضله نعلی، در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل بود ($P=0.048$) (شکل ۱). از سوی دیگر؛ در پایان هفته چهارم، مقاومت به انسولین در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل کاهش داشت که این کاهش معنی‌دار نبود ($P=0.500$) (شکل ۲).



شکل ۱ میزان تغییرات بیان ژن مایونکتین در گروه تمرین و کنترل پس از ۴ هفته فعالیت ورزشی استقامتی؛ * معنی‌داری در سطح $P < 0.05$.



شکل ۲ تغییرات مقاومت به انسولین در گروه تمرین و کنترل پس از ۴ هفته فعالیت ورزشی استقامتی

بحث

تاثیر تمرین استقامتی بر بیان ژن مایونکتین عضلانی و مقاومت به انسولین رت‌های نر بالغ

موش‌های زوکر نسبت دادند و این مقاومت به لپتین می‌تواند بر مایونکتین اثرگذار باشد [۷].

از عوامل تنظیمی احتمالی دیگر بر بیان مایونکتین می‌توان به سطوح لپتین، کلسیم و cAMP سلولی اشاره کرد. برای مثال پیترسون و همکاران در مطالعه خود، میزان کاهش یافته بیان مایونکتین را به سطوح کاهش یافته لپتین پس از برنامه ورزشی نسبت دادند [۱] و همین طور سلдин و همکاران، علت احتمالی افزایش بیان مایونکتین پس از فعالیت ورزشی را سطوح افزایش یافته غلظت کلسیم [یونومایسین (Ionomycin)] در میوسیت و cAMP بیان کردند [۲]. پتانسیل غدد درون‌ریز عضلات اسکلتی در ترشح مایونکتین، مرتبط با متابولیسم چربی است و به نظر می‌رسد این آثار با افزایش تراکم پروتئین‌های FABP4 و FATCD36، FATP1 در آدیپوسیت‌ها صورت پذیرد [۸]. نتایج پژوهش‌های حاضر نشان می‌دهد مایونکتین موجب ارتباط میان عضله با هموستاز لیپید در کبد و بافت چربی در پاسخ به نوسانات انرژی (گرسنگی، تغذیه، فعالیت ورزشی و ...) می‌شود [۱، ۷].

از سوی دیگر؛ محققین مایونکتین را به عنوان مایوکاین حساس به مواد مغذی معرفی کردند که در توسعه دریافت و ذخیره‌سازی انرژی و بر کبد بهمنظور مهار اتوفاژی از طریق فعال‌سازی مسیر PI3K/AKT/mTOR نقش دارد [۶]. با این حال بیان عضلانی مایونکتین پس از تعذیه تا حدودی ناشناخته است و مطالعات آینده برای رسیدگی به این سؤال لازم خواهد بود.

از سوی دیگر؛ در مطالعه حاضر مقاومت به انسولین پس از ۴ هفته فعالیت ورزشی استقامتی، ۲۵ درصد در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل کاهش داشت. محققین فعالیت بدنی را پتانسیل درمانی در معکوس کردن مقاومت به انسولین در عضلات اسکلتی می‌دانند [۱]؛ اگر چه اهمیت عضلات اسکلتی در کنترل قند خون در کل بدن و سوخت و ساز چربی اثبات شده است، اما نقش آن به عنوان یک بافت غدد درون‌ریز که ترشح هورمون پلی‌پیتیدی زیستی فعال (مایونکتین) را بر عهده دارد، و نقش آن در تعديل سوخت و ساز بدن، التهاب و دیگر

در مطالعه حاضر به بررسی تأثیر ۴ هفته فعالیت ورزشی استقامتی بر بیان ژن مایونکتین عضلانی و مقاومت به انسولینی رت‌های نر بالغ پرداخته شد. یافته‌های پژوهش حاضر نشان‌گر افزایش معنی دار مقادیر بیان ژن مایونکتین پس از ۴ هفته فعالیت ورزشی استقامتی، در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل بود ($P=0.04$).

فعالیت ورزشی استقامتی، یک ابزار مؤثر برای بازگرداندن مستقیم گلوکز عضلات اسکلتی، جذب چربی و سوخت و ساز بدن است. با این حال، علاوه بر آثار مستقیم عضلات اسکلتی بر گلوکز و چربی، محققین در صدد بررسی توانایی عضلات اسکلتی در همانگی فعالیت متabolیک، از طریق مایوکاین‌های جدید هستند. در زمینه تأثیر فعالیت ورزشی بر سطوح مایونکتین، نتایج متفاوتی به دست آمده است. به طوری که در برخی تحقیقات، فعالیت ورزشی استقامتی منجر به افزایش معنی دار مقادیر مایونکتین شده است؛ برای نمونه سلدين و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه خود به بررسی تأثیر ۲ هفته فعالیت اختیاری روی چرخ گردان بر سطوح مایونکتین پرداختند که نتایج نشان‌گر افزایش معنی دار بیان ژن مایونکتین عضلانی بوده است [۲]. در حالی که برخی مطالعات دیگر کاهش این متغیر را مشاهده کردند؛ برای مثال پیترسون و همکاران (۲۰۱۴)، در تحقیق‌شان نشان دادند که ۹ هفته فعالیت ورزشی روی رت‌های زوکر (Zuckerrats) بیان ژن مایونکتین را کاهش می‌دهد [۱] و همین طور مطالعه لیم و همکاران (۲۰۱۲) کاهش سطوح سرمی مایونکتین را پس از ۱۰ هفته فعالیت ورزشی استقامتی در زنان جوان و مسن نشان دادند [۷].

تنظيمات متفاوت مایونکتین توسط برنامه‌های تمرینی می‌تواند به مدل‌های تجربی حیوانی گوناگون برگردد. برای نمونه در مطالعه‌ای که پیترسون و همکاران (۲۰۱۴) در زمینه تأثیر فعالیت ورزشی بر مایونکتین انجام دادند؛ نتایج نشان دهنده معنی دار نبودن مایونکتین در مدل حیوانی زوکر بود که محققین، این عدم معنی داری را به مقاومت به لپتین در

افزایش ۵۰ درصد سطوح در گرددش مایونکتین می‌شود [۲]. برخی محققین تغییرات مقاومت به انسولین را عاملی مؤثر در تغییر سطوح مایوکاین‌ها معروفی کردند [۱۶، ۱۵، ۷]. مطالعه پیش رو نیز تغییرات مقاومت به انسولین را عاملی مؤثر در افزایش مقادیر بیان مایونکتین، تحت تأثیر فعالیت ورزشی استقامتی می‌داند که افزایش این مایوکاین با کاهش مقاومت به انسولین همراه است و احتمالاً به این طریق در متابولیسم بدن مشارکت دارد.

از نتایج مطالعه حاضر، به نظر می‌رسد؛ فعالیت ورزشی استقامتی عاملی مؤثر بر افزایش سطوح مایونکتین به عنوان یک مایوکاین تنظیم‌کننده سوخت و ساز بدن باشد. همچنین یافته‌ها نشان داده است که مایونکتین می‌تواند نقش عملکردی در مقاومت به انسولین داشته باشد.

تشکر و قدردانی

نویسنده‌گان این پژوهش مراتب سپاس و قدردانی خود را از همکاری معاونت آموزشی و پژوهشی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران در این مطالعه ابراز می‌دارند.

فرآیندهای فیزیولوژیکی نیاز به بررسی بیشتر دارد [۱۳]. افزایش سطوح مایونکتین را به افزایش فسفوریلاسیون AMPK نسبت می‌دهند، که می‌تواند موجب افزایش تراکم انتقال دهنده‌های گلوکز در سطح غشا سلول و افزایش برداشت گلوکز شود [۱۴]. در واقع مایونکتین عملی مشابه به انسولین را ایفا می‌کند؛ به طوری که افزایش انسولین بلافضله پس از تغذیه رخ خواهد داد؛ در حالی که مقادیر در گرددش مایونکتین دو ساعت پس از مصرف گلوگز یا لیپید افزایش می‌یابد و در واقع مایونکتین عمل تحریک برداشت اسیدهای چرب و گلوکز را با تأخیر بر عهده خواهد داشت [۲].

برخی از مطالعات تغییرات سطوح مایونکتین و چاقی را غیرهمسو می‌دانند؛ آن‌ها گزارش کردند که مایونکتین و آیریزین (Irisin) در افراد چاق کاهش و فعالیت ورزشی در این افراد، مقادیر آن‌ها را افزایش می‌دهد [۶، ۴]. همچنین گزارش شده است که رژیم غذایی پرچرب در دراز مدت، منجر به چاقی و کاهش سطوح مایونکتین می‌شود [۱]. از سوی دیگر؛ برخی از محققین تغییرات سطوح مایونکتین را با چاقی همسو می‌دانند [۲]؛ برای نمونه سلдин و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که افزایش مایونکتین با چاقی افزایش می‌یابد و تزریق لیپید موجب

منابع

- [1] Peterson JM, Mart R, Bond CE. Effect of obesity and exercise on the expression of the novel myokines, Myonectin and Fibronectin type III domain containing 5. Peer J 2014; 2: e605.
- [2] Seldin MM, Peterson JM, Byerly MS, Wei Z, Wong GW. Myonectin (CTRP15), a novel myokine that links skeletal muscle to systemic lipid homeostasis. J Biol Chem 2012; 287(15): 11968-80.
- [3] Tom Tang Y, Hu T, Arterburn M, Boyle B, Bright JM, Palencia S, Emtage PC, Funk WD. The complete complement of Clq-domain-
- containing proteins in *Homo sapiens*. Genomics 2005; 86(1): 100-11.
- [4] Seldin MM, Wong GW. Regulation of tissue crosstalk by skeletal muscle-derived myonectin and other myokines. Adipocyte 2012; 1(4): 200-2.
- [5] Bonen A, Chabowski A, Luiken JJ, Glatz JF. Is membrane transport of FFA mediated by lipid, protein, or both? Mechanisms and regulation of protein-mediated cellular fatty acid uptake: molecular, biochemical, and physiological evidence. Physiology (Bethesda) 2007; 22: 15-29.
- [6] Seldin MM, Lei X, Tan SY, Stanson KP, Wei Z,

تأثیر تمرین استقامتی بر بیان ژن مایونکتین عضلانی و مقاومت به انسولین رت های نر بالغ

- Wong GW. Skeletal muscle-derived myonectin activates the mammalian target of rapamycin (mTOR) pathway to suppress autophagy in liver. *J Biol Chem* 2013; 288(50): 36073-82.
- [7] Lim S, Choi SH, Koo BK, Kang SM, Yoon JW, Jang HC, Choi SM, Lee MG, Lee W, Shin H, Kim YB, Lee HK, Park KS. Effects of aerobic exercise training on C1q tumor necrosis factor α -related protein isoform 5 (myonectin): association with insulin resistance and mitochondrial DNA density in women. *J Clin Endocrinol Metab* 2012; 97(1): E88-93.
- [8] Gamas L, Matafome P2, Seiça R. Irisin and myonectin regulation in the insulin resistant muscle: Implications to adipose tissue: Muscle crosstalk. *J Diabetes Res* 2015; 2015: 359159.
- [9] Nishida T, Tsuji S, Tsuji M, Arimitsu S, Haruna Y, Imano E, Suzuki M, Kanda T, Kawano S, Hiramatsu N, Hayashi N, Hori M. Oral glucose tolerance test predicts prognosis of patients with liver cirrhosis. *Am J Gastroenterol* 2006; 101(1): 70-5.
- [10] Henriksen EJ. Invited review: Effects of acute exercise and exercise training on insulin resistance. *J Appl Physiol* (1985) 2002; 93(2): 788-96.
- [11] Jenkins NT, Padilla J, Arce-Esquivel AA, Bayless DS, Martin JS, Leidy HJ, Booth FW, Rector RS, Laughlin MH. Effects of endurance exercise training, metformin, and their combination on adipose tissue leptin and IL-10 secretion in OLETF rats. *J Appl Physiol* (1985) 2012; 113(12): 1873-83.
- [12] Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, Naylor BA, Treacher DF, Turner RC. Homeostasis model assessment: insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia* 1985; 28(7): 412-9.
- [13] Pedersen BK. Edward F. Adolph distinguished lecture: muscle as an endocrine organ: IL-6 and other myokines. *J Appl Physiol* (1985) 2009; 107(4): 1006-14.
- [14] Park SY, Choi JH, Ryu HS, Pak YK, Park KS, Lee HK, Lee W. C1q tumor necrosis factor alpha-related protein isoform 5 is increased in mitochondrial DNA-depleted myocytes and activates AMP-activated protein kinase. *J Biol Chem* 2009; 284(41): 27780-9.
- [15] Moreno-Navarrete JM, Ortega F, Serrano M, Guerra E, Pardo G, Tinahones F, Ricart W, Fernández-Real JM. Irisin is expressed and produced by human muscle and adipose tissue in association with obesity and insulin resistance. *J Clin Endocrinol Metab* 2013; 98(4): E769-78.
- [16] Zhang M, Chen P, Chen S, Sun Q, Zeng QC, Chen JY, Liu YX, Cao XH, Ren M, Wang JK. The association of new inflammatory markers with type 2 diabetes mellitus and macrovascular complications: a preliminary study. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2014; 18(11): 1567-72.