



دانشگاه شهید بهشتی

فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی

پاییز و زمستان ۱۳۹۷، دوره ۱۱، شماره ۲، صفحه‌های: ۱۰۹-۱۱۶

تأثیر ۸ هفته تمرین تناوبی خیلی شدید بر بیان ژن عوامل تنظیمی عضله زایی Myf5 و میوژنین در عضله دوقلوی موشهای صحرایی

سهیل بیگلری*، عباسعلی گائینی

دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۱۶ اصلاح مقاله: ۱۳۹۷/۰۱/۱۹ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۲/۱۰

هدف: باوجود نقش مهم فرایند عضله زایی در بازسازی و رشد عضله اسکلتی، تأثیر تمرین‌های تناوبی خیلی شدید (HIIT) بر عوامل آن مشخص نیست. هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر هشت هفته HIIT بر عوامل مهم عضله زایی (عامل عضله زایی ۵ (Myf5) و میوژنین) در عضله دوقلوی موش‌های صحرایی است.

روش‌ها: در این مطالعه، ۱۶ موش صحرایی نر نژاد ویستار با سن ۱۰ هفته و محدوده وزنی 25 ± 225 گرم، به صورت تصادفی به دو گروه کنترل ($n=8$) و HIIT ($n=8$) تقسیم شدند. برنامه تمرین HIIT به مدت ۴۰ دقیقه، سه روز در هفته و به مدت هشت هفته اجرا شد. ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی، عضله دوقلو استخراج و میزان بیان ژن Myf5 و میوژنین به روش Real time-PCR سنجیده شد. به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، از آزمون t مستقل استفاده شد.

نتایج: بیان ژن Myf5 و میوژنین در گروه HIIT در مقایسه با گروه کنترل افزایش معناداری ($p < 0.05$) داشت. همچنین، وزن عضله دوقلو در گروه تمرینی در مقایسه با گروه کنترل به طور معنادار بالاتر بود ($p < 0.01$).

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد، HIIT منجر به افزایش بارز بیان ژن Myf5، میوژنین و وزن عضله دوقلوی موش‌های صحرایی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: عضله زایی، میوژنین، HIIT، Myf5، Real time-PCR.

مقدمه

تغییری در بیان عوامل عضله زایی مشاهده نشده است. پاسخ و سازگاری‌های عضله اسکلتی به تغییر محرک‌های محیطی منجر به سازش‌های متابولیک و مورفولوژیک در عضلات اسکلتی می‌شود و به تأمین نیازهای لازم برای تداوم فعالیت‌های جسمانی عضلات کمک می‌کند. به نظر می‌رسد تمرین‌های ورزشی می‌توانند از طریق تغییر ژن‌های تنظیمی گوناگون در عضلات اسکلتی، سازگاری‌های ساختاری و عملکردی به دنبال داشته باشند (۸). دو مسیر پیام‌رسانی سلولی وابسته به تمرین ورزشی در عضلات اسکلتی فعال می‌شود. مسیر پیام‌رسانی وابسته به دوره‌های کوتاه‌مدت و کار شدید عضلانی که عمدتاً با هیپرتروفی همراه است، درحالی‌که کار طولانی با شدت کم و متوسط بهبود ظرفیت اکسایشی تارهای عضلانی را به دنبال خواهد داشت (۹، ۱۰).

تمرین‌های تناوبی خیلی شدید (HIIT) که شامل فعالیت‌های ورزشی متناوب خیلی شدید و وهله‌های استراحتی فعال با شدت خیلی کم است، یک مدل منحصربه‌فرد تمرینی است که به‌تازگی موردتوجه پژوهشگران فیزیولوژی ورزش قرار گرفته است. به نظر می‌رسد تواتر، مدت و شدت فعالیت ورزشی مسیر پیام‌رسانی خاصی را در عضلات اسکلتی فعال می‌کند (۹، ۱۰). HIIT به‌عنوان یک راهبرد توانمند در ایجاد تغییرات ساختاری و عملکردی عضله اسکلتی شناخته‌شده و تغییراتی مشابه تمرینات استقامتی سنتی به همراه دارد (۱۱). باوجوداین، به‌تازگی برخی مطالعات نشان داده‌اند HIIT برخلاف تمرین‌های استقامتی سنتی باعث هیپرتروفی عضلانی می‌شود (۱۲، ۱۳)؛ اگرچه، سازوکار HIIT بر عوامل و مسیرهای سلولی آن مشخص نیست. به نظر می‌رسد تکرار دوره‌های کوتاه‌مدت و کار شدید HIIT می‌تواند با تحریک بیان عوامل رشدی، رشد عضلات را تحت تأثیر قرار دهد. تا آنجا که می‌دانیم تأثیر HIIT بر عوامل مهم مرتبط با رشد عضلانی مانند MYF5 و میوزین مشخص نیست؛ بنابراین، هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر ۸ هفته تمرین تناوبی خیلی شدید بر بیان ژن عوامل عضله زایی (MYF5 و میوزین) در عضله دوقلوی موش‌های صحرائی تعیین گردید.

سلول‌های ماهواره‌ای، سلول‌های بنیادی مستقر در بین غشای پلاسمایی و لامینای پایه عضله اسکلتی هستند که نقش مهمی در حفظ، بازسازی و هیپرتروفی توده عضلانی دارند (۱). در عضله بالغ در حالت عادی، سلول‌های ماهواره‌ای به لحاظ تقسیم میتوزی خاموش هستند، ولی در پاسخ به محرک‌های مختلف مانند قطع عصب، کشش، فعالیت‌های ورزشی، ارتعاش و حتی سوختگی فعال می‌شوند؛ سپس از میان لامینای پایه‌ای به تار عضلانی مهاجرت می‌کند. در آنجا، سلول‌های ماهواره‌ای به شکل خوشه‌های فعال تکثیر و سپس به کمک عوامل تنظیم‌کننده میوزینیک^۱ (MRFs) متمایز می‌شوند که در نهایت این فرایند منجر به عضله زایی (میوزن) می‌شود (۱، ۲).

MRFs از خانواده عوامل رونویسی با ساختار مارپیچ-قوس- مارپیچ پایه (bHLH) شامل Myf5، MyoD و میوزین هستند که عضله زایی را تنظیم می‌کنند. Myf5 و MyoD به‌عنوان اولین MRFs، در مراحل ابتدایی عضله زایی در سلول‌های پیش‌ساز عضلانی بیان می‌شوند و فرایند عضله زایی را پیش می‌برند. میوزین در سلول‌های تمایز یافته در مراحل پایانی عضله زایی تولید می‌شود و جوش خوردن میوبلاست‌های تک نوکلئوتیدی را به میوبلاست‌های چند نوکلئوتیدی تنظیم می‌کند. MYF5 به‌عنوان اولین و میوزین به‌عنوان آخرین عامل درگیر در عضله زایی از عوامل اصلی این فرایند هستند (۳).

مطالعات گذشته نشان داده‌اند فعالیت ورزشی به‌عنوان یک استرس فیزیولوژیک می‌تواند فعال شدن سلول‌های ماهواره‌ای و به‌تبع آن، عوامل عضله زایی، مانند MYF5 و میوزین را تحت تأثیر قرار دهد. بااین‌وجود پاسخ عوامل عضله زایی به فعالیت‌های ورزشی گوناگون متفاوت است (۴). به نظر می‌رسد فعالیت‌های ورزشی که همراه با ریز آسیب‌های عضلانی هستند، عوامل عضله زایی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. مشخص شده است پس از فعالیت‌های ورزشی همچون تمرین‌های مقاومتی سنگین (۵) و یا دویدن در سراسیمه (۶) بیان عوامل عضله زایی افزایش می‌یابد. بااین‌حال، پس از یک دوره تمرین دویدن به مدت ۷ روز، روزانه ۳۰ دقیقه و با سرعت متوسط (۷) و یا دویدن در سربالایی (۶)

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش

پژوهش حاضر از نوع تحقیق بنیادی بود که به روش تجربی انجام شد. این پژوهش، همسو با خطوط راهنما و دستورالعمل مراقبت و استفاده از حیوانات آزمایشگاهی انجام شد و توسط کمیته اخلاق دانشگاه تهران با کد IR.ut.Rec.1395012 به تصویب رسید. به همین منظور، ۱۶ موش صحرایی نر نژاد ویستار با میانگین وزنی ۲۵۰-۲۰۰ گرم و سن ۱۰ هفته از دانشگاه علوم پزشکی ایران خریداری شد. حیوانات در آزمایشگاه استاندارد جوندگان (چرخه ۱۲ ساعت روشنایی- تاریکی و میانگین دمای ۲۲±۲ درجه سلسیوس) با دسترسی آزادانه به آب و غذا در مرکز تحقیقات بیمارستان قلب و عروق شهید رجایی نگهداری می‌شدند. موش‌های صحرایی پس از انتقال به آزمایشگاه، تصادفی به دو گروه HIIT (n=۸) و کنترل (n=۸) تقسیم شدند.

پروتکل پژوهش

در این مطالعه تجربی، پس از آشناسازی موش‌های صحرایی با نوار گردان، دو روز قبل از شروع برنامه تمرینی و دو

روز بعد از انتهای آخرین جلسه تمرینی در پایان هفته هشتم تمرینی، آزمون ظرفیت ورزشی در آن‌ها اندازه‌گیری شد. بر اساس مطالعه هویدال و همکارانش (۲۰۰۷)، هر موش صحرایی ابتدا به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰ متر در دقیقه مرحله گرم کردن را سپری می‌کرد، سپس آزمون فزاینده ورزشی آغاز می‌شد. هر دو دقیقه به صورت خودکار سرعت نوار گردان ۰/۰۳ متر در ثانیه افزایش می‌یافت تا زمانی که موش‌های صحرایی نتوانستند به فعالیت ورزشی ادامه دهند. با توجه به نمودار سرعت دویدن و اکسیژن مصرفی در مطالعه هویدال و همکارانش، اکسیژن مصرفی هر موش صحرایی محاسبه شد (۱۴، ۱۵).

پروتکل تمرینی شامل هشت هفته تمرین تناوبی خیلی شدید بود. برنامه تمرینی روی نوار گردان طراحی شده ویژه حیوانات (Danesh Salar Iranian, Tehran, Iran) به صورت سه روز در هفته به مدت ۴۰ دقیقه انجام می‌شد که جزئیات آن در جدول ۱ ارائه شده است. شدت تمرین به مرور زمان مطابق مطالعات گذشته و ارتباط بین سرعت دویدن و $\dot{V}O_2\max$ تنظیم شد؛ بنابراین س تمرینی در هر هفته، ۰/۰۲ متر بر ثانیه افزایش می‌یافت (۱۴، ۱۶).

جدول ۱. پروتکل تمرین تناوبی خیلی شدید

سرد کردن	تناوب کم شدت (۵ تناوب)	تناوب شدید (۵ تناوب)	گرم کردن	
۵ دقیقه	۲ دقیقه	۴ دقیقه	۵ دقیقه	زمان تمرین (دقیقه)
۴۰ تا ۵۰ درصد	۵۰ تا ۶۰ درصد	۸۵ تا ۹۰ درصد	۵۰ تا ۶۰ درصد	شدت تمرین (درصدی از $\dot{V}O_2\max$)

صحرایی توسط تزریق درون صفاقی کتامین (۹۰ mg/kg) و زایلازین (۱۰ mg/kg) بی‌هوش، کشته و عضله دوقلوی سمت چپ آن‌ها خارج و بلافاصله با استفاده از ازلت مایع، منجمد و برای سنجش‌های بعدی در دمای ۸۰- نگهداری شد. سپس بافت‌ها به منظور استخراج RNA به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

استخراج RNA از بافت همگن شده با استفاده از تریزول انجام شد. غلظت و نسبت جذبی نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتوفتومتر (Eppendorf, Germany) ارزیابی شد که نسبت جذبی ۲۶۰/۲۸۰ نانومتر برای تمام نمونه‌ها بین ۱/۶ تا ۱/۸ بود. نمونه‌ها در دمای منفی

شرایط زیستی حیوانات در گروه کنترل به جز در زمان انجام تمرین‌های روزانه در سایر اوقات مشابه گروه تمرین بود و حتی برای شبیه‌سازی بیشتر، گروه کنترل در بازه زمانی تمرین، سه جلسه در هفته و هر جلسه به مدت ۱۵ دقیقه روی دستگاه نوار گردان با سرعت دو متر در دقیقه قرار می‌گرفتند (۱۷).

روش‌های آزمایشگاهی

۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین، موش‌های

ارزیابی قرار گرفت. از آزمون شاپیرو ویلک جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها و از آزمون t مستقل برای مقایسه داده‌های بین گروهی وزن موش‌های صحرایی در ابتدای مطالعه، وزن عضله دوقلو و مقادیر بیان ژن متغیرهای موردنظر استفاده شد. بررسی وزن نهایی موش‌های صحرایی نیز توسط تحلیل کوواریانس (ANCOVA) صورت گرفت. سطح معنی‌داری برای همه آزمون‌های آماری $0.05 \leq \alpha$ در نظر گرفته شد.

نتایج

نتایج آزمون t مستقل نشان می‌دهد، بین وزن موش‌های صحرایی گروه‌های HIIT و کنترل در ابتدای مطالعه تفاوت معناداری وجود نداشته است ($p > 0.05$). وزن موش‌های صحرایی در انتهای مطالعه در مقایسه با وزن آن‌ها در ابتدای مطالعه افزایش داشت. با این حال، نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد پس از ۸ هفته تمرین HIIT، تفاوت معناداری بین وزن نهایی موش‌های صحرایی دو گروه کنترل و HIIT وجود نداشته است ($p > 0.05$). نتایج آزمون t مستقل مشخص کرد تمرین HIIT منجر به افزایش معنادار وزن عضله دوقلو در گروه تمرینی شده است ($p < 0.01$). وزن عضله دوقلو در گروه HIIT در مقایسه با گروه کنترل ۲۳ درصد بیشتر بود (جدول ۲).

۸۰ درجه سانتی‌گراد برای آزمایش‌های بعدی نگهداری شدند. پس از استخراج RNA با خلوص و غلظت بالا از تمامی نمونه‌های مورد مطالعه، مراحل سنتز cDNA طبق پروتکل شرکت سازنده (Fermentas, USA) انجام گرفت و جهت اندازه‌گیری سطوح بیان mRNA متغیرهای موردنظر از روش کمی Real time-PCR استفاده شد. هر واکنش PCR با استفاده از SYBER Green master mix در دستگاه Real time-PCR (Applied Biosystems, USA) طبق پروتکل شرکت سازنده انجام گرفت. ۴۰ دوره برای هر Real-Time PCR در نظر گرفته شد و دماهای هر سیکل شامل ۹۴ درجه سانتی‌گراد برای ۲۰ ثانیه، ۵۸-۶۰ درجه سانتی‌گراد برای ۳۰ ثانیه و ۷۲ درجه سانتی‌گراد برای ۳۰ ثانیه بودند. نمودار ذوب شدن جهت بررسی صحت واکنش‌های PCR انجام شده و به صورت اختصاصی برای هر ژن ترسیم شد و هر بار برای سنجش وجود آلودگی، هر واکنش به همراه نمودار کنترل منفی مورد ارزیابی قرار گرفت.

برای کمی‌سازی مقادیر بیان ژن موردنظر از فرمول $2^{-\Delta\Delta Ct}$ (۲) بتوان منفی $\Delta\Delta Ct$) استفاده شد.

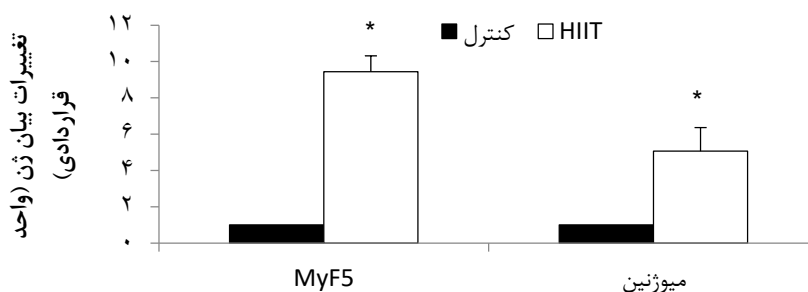
تحلیل آماری

اطلاعات حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS 19 مورد

جدول ۲. تأثیر ۸ هفته HIIT بر وزن بدن و عضله دوقلو (انحراف معیار \pm میانگین)

P values	P values	(n=۸) HIIT	کنترل (n=۸)	
بین گروهی پس‌آزمون‌ها	بین گروهی			
NS	NS	۲۲۸/۶ \pm ۲/۴	۲۲۹/۶ \pm ۳/۸	وزن ابتدایی بدن (g)
	-	۲۸۷/۰ \pm ۳/۴	۲۸۷/۶ \pm ۲/۴	وزن نهایی بدن (g)
-	$p < 0.01$	۱/۸۳ \pm ۰/۰۹*	۱/۴۸ \pm ۰/۰۵	وزن عضله دوقلو (g)

* نشانه معناداری آماری $P \leq 0.05$. NS عدم تغییر معنادار



شکل ۱. تأثیر HIIT بر بیان Myf5 و میوزین در مقایسه با گروه کنترل * اختلاف معنی‌دار با گروه کنترل ($P < 0.05$)

HIIT باعث کاهش معنادار بیان ژن میوستاتین در عضله اسکلتی موش‌های صحرایی می‌شود (۲۱). گزارش شده است، میوستاتین مانع فعال شدن، تکثیر و تمایز سلول‌های ماهوارهای می‌شود (۲۰). مهار تمایز میوستاتین با مهار بیان MRFS تنظیم می‌شود و مشخص شده است MRFS به‌عنوان عامل رونویسی عضله در بیان میوستاتین عمل می‌کنند. MRFS تا حدی به پروموتور میوستاتین متصل می‌شوند و فعالیت آن را تحریک می‌کنند. این موضوع نشان می‌دهد تنظیم مثبت و مستقیم بیان ژن میوستاتین ریشه در توانایی آن در کنترل حذف و تمایز چرخه سلولی میوبلاست دارد (۲۲). از این رو احتمال دارد افزایش بارز mRNA دو ژن Myf5 و میوزین در مطالعه حاضر به دلیل کاهش میوستاتین باشد. در هر صورت، چه به دلیل تحریک عوامل رشدی گوناگون و چه به دلیل ریز آسیب‌ها به نظر می‌رسد، HIIT برای فعال‌سازی سلول‌های ماهوارهای و در ادامه تکامل عضله زایی محرک مناسبی است (۱۸، ۲۲).

مطالعات جدید نشان می‌دهند HIIT، پروتئین‌های انقباضی یا سطح مقطع تارهای عضله اسکلتی را افزایش می‌دهد (۱۲، ۱۳). در این پژوهش، پس از تمرین ورزشی، وزن عضله دوقلو در گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل ۲۳ درصد بیشتر بود. این در حالی است که بین وزن نهایی بدن در دو گروه تفاوتی وجود نداشت. به نظر می‌رسد این نتایج ریشه در تغییر ترکیب بدنی (افزایش عضله و کاهش چربی) در موش‌های گروه تمرین داشته باشد (۲۳). افزایش پروتئین‌های انقباضی تارهای عضلانی پس از HIIT این فرضیه را تقویت کرده است که HIIT باعث هیپرتروفی تارهای عضلانی می‌شود. انقباض‌های متوالی و شدید HIIT، احتمالاً همانند تمرین مقاومتی باعث آسیب عضلانی می‌شود که در نتیجه، سنتز پروتئین تارهای عضلانی را تحریک کرده و باعث بازسازی پروتئین‌های انقباضی و رشد عضله اسکلتی می‌شود (۲۴). با این حال، از آنجایی که در پژوهش حاضر ابعاد سلول‌های عضلانی به لحاظ مورفولوژی سنجیده نشده است، نمی‌توان وقوع هیپرتروفی را با قطعیت بیان کرد.

در نهایت، افزایش بارز بیان ژن Myf5 و میوزین پس از اجرای طولانی مدت HIIT به‌عنوان یافته‌ای جدید در این مطالعه

بیان mRNA دو ژن Myf5 ($p < 0.001$) و میوزین ($p < 0.05$) در گروه HIIT در مقایسه با گروه کنترل به ترتیب بیش از ۹ و ۵ برابر افزایش داشتند که این افزایش معنادار بود (شکل ۱).

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان داد ۸ هفته HIIT، بیان mRNA دو ژن Myf5 و میوزین را به‌صورت معناداری افزایش داده است. همچنین پس از تمرین ورزشی، وزن عضله دوقلو نیز به‌صورت معناداری افزایش داشت.

مطالعات گذشته حاکی از آن است که از بین انواع مداخله‌های ورزشی، تمرین‌های مقاومتی بیشترین اثر را بر فعال شدن سلول‌های ماهوارهای دارند (۱۸). با وجود این ندرین و همکارانش (۲۰۱۵) برای اولین بار در مطالعه‌ای، تأثیر انواع مداخله‌های ورزشی بر فعالیت سلول‌های ماهوارهای را مقایسه کردند و نشان دادند، HIIT تأثیری نزدیک به تمرین مقاومتی بر فعالیت سلول‌های ماهوارهای دارد (۱۹). با فعال شدن سلول‌های ماهوارهای، بیان MRFS، شامل Myf5، MyoD و میوزین افزایش می‌یابد که به تکامل مراحل عضله زایی منجر می‌شود (۳). در این مطالعه برای اولین بار نشان داده شد پس از HIIT، بیان mRNA دو ژن Myf5 و میوزین به ترتیب بیش از ۹ و ۵ برابر افزایش پیدا می‌کند. به لحاظ عملکردی، HIIT مشابه با تمرین‌های هوازی است. به‌طوری که در برخی از مطالعات HIIT را به‌عنوان یکی از الگوهای تمرین هوازی مطرح کرده‌اند (۱۲). در تمرین‌های استقامتی، عامل تعیین‌کننده، مدت و شدت تمرین است. برخی از مطالعات پیشین عنوان کرده‌اند برای فعال‌سازی سلول‌های ماهوارهای، شدت تمرین استقامتی یک عامل اثرگذار است (۴). نتایج مطالعه حاضر در تأیید پژوهش‌های پیشین نشان داد از آنجایی که HIIT دارای دوره‌های تناوبی خیلی شدید است، سلول‌های ماهوارهای را فعال می‌کند. به نظر می‌رسد شدت بالای فعالیت ورزشی با ایجاد ریز آسیب‌ها و تحریک عوامل رشدی مانند میوستاتین، سلول‌های ماهوارهای را فعال می‌کند (۱۸، ۲۰).

روستایی و همکارانش (۱۳۹۵) نشان دادند هشت هفته

هیپرتروفی استفاده نشود. برای اطمینان از تأثیر HIIT بر رشد عضله اسکلتی و شناخت بهتر سازوکار آن پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی در درجه اول از نمونه‌های انسانی استفاده شود و ثانیاً روش‌های اندازه‌گیری نامبرده به کار گرفته شود که در این پژوهش امکان استفاده از آنها فراهم نشد.

پی‌نوشت‌ها

¹ Myogenic Regulatory Factors

² Myogenin

³ Volume Oxygen Maximum

بود. همچنین، نشان داده شد وزن عضله دوقلو پس از تمرین ورزشی افزایش معناداری پیدا می‌کند که به نظر می‌رسد ناشی از هیپرتروفی باشد. محدودیت اصلی این پژوهش عدم دسترسی به نمونه‌های انسانی بود که به‌ناچار از نمونه‌های حیوانی استفاده شد. محدودیت دیگر این پژوهش کمبود بودجه بود که سبب شد از روش‌های وسترن بلات جهت اطمینان از تبدیل mRNA متغیرهای موردنظر به پروتئین، ایمونوهیستوشیمی برای اطمینان از تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای و بررسی ترکیب بدنی و سطح مقطع عرضی (CSA) تار عضلانی برای اطمینان از

منابع

- Otto A, Collins-Hooper H, Patel A, Dash PR, Patel K. Adult skeletal muscle stem cell migration is mediated by a blebbing/amoeboid mechanism. *Rejuvenation research*. 2011; 14(3): 249-260.
- Zammit PS, Golding JP, Nagata Y, Hudon V, Partridge TA, Beauchamp JR. Muscle satellite cells adopt divergent fates. *J Cell Biol*. 2004; 166(3): 347-357.
- Petrella JK, Kim J-s, Mayhew DL, Cross JM, Bamman MM. Potent myofiber hypertrophy during resistance training in humans is associated with satellite cell-mediated myonuclear addition: a cluster analysis. *J Appl Physiol*. 2008; 104(6): 1736-1742.
- Martin NR, Lewis MP. Satellite cell activation and number following acute and chronic exercise: a mini review. *Cell Mol Exerc Physiol*. 2012; 1(1): e3.
- Burd NA, West DW, Staples AW, Atherton PJ, Baker JM, Moore DR, Andrew MH. Low-load high volume resistance exercise stimulates muscle protein synthesis more than high-load low volume resistance exercise in young men. *PloS one*. 2010; 5(8): e12033.
- Eksteen GJ. Satellite cell proliferation in response to a chronic laboratory-controlled uphill vs. downhill interval training intervention: Stellenbosch: University of Stellenbosch; 2006. Chapter 5, P. 88-96.
- Smith HK, Maxwell L, Rodgers CD, McKee NH, Plyley MJ. Exercise-enhanced satellite cell proliferation and new myonuclear accretion in rat skeletal muscle. *J Appl Physiol*. 2001; 90(4): 1407-1414.
- Matsakas A, Friedel A, Hertrampf T, Diel P. Short-term endurance training results in a muscle-specific decrease of myostatin mRNA content in the rat. *Acta Physiologica*. 2005; 183(3): 299-307.
- Coffey VG, Hawley JA. The molecular bases of training adaptation. *Sports Med*. 2007; 37(9): 737-763.
- Baar K. Training for endurance and strength: lessons from cell signaling. *Med Sci Sports Exerc*. 2006; 38(11): 1939-1944.
- Gibala MJ, McGee SL. Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain? *Exerc Sport Sci Rev*. 2008; 36(2): 58-63.

12. ESTES RR, MALINOWSKI A, PIACENTINI M, THRUSH D, Salley E, Losey C, Hayes, E. The Effect of High Intensity Interval Run Training on Cross-sectional Area of the Vastus Lateralis in Untrained College Students. *IJES*. 2017; 10(1): 137.
13. Robinson MM, Dasari S, Konopka AR, Johnson ML, Manjunatha S, Esponda RR, Rickey E. Carter, Ian R. Lanza, and K. Sreekumaran Nair. Enhanced protein translation underlies improved metabolic and physical adaptations to different exercise training modes in young and old humans. *Cell Metab*. 2017; 25(3): 581-592.
14. Høydal MA, Wisløff U, Kemi OJ, Ellingsen Ø. Running speed and maximal oxygen uptake in rats and mice: practical implications for exercise training. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2007; 14(6): 753-760.
15. Lu K, Wang L, Wang C, Yang Y, Hu D, Ding R. Effects of high-intensity interval versus continuous moderate-intensity aerobic exercise on apoptosis, oxidative stress and metabolism of the infarcted myocardium in a rat model. *Mol Med Rep*. 2015; 12(2): 2374-2382.
16. Kraljevic J, Marinovic J, Pravdic D, Zubin P, Dujic Z, Wisloff U, Ljubkovic M. Aerobic interval training attenuates remodelling and mitochondrial dysfunction in the post-infarction failing rat heart. *Cardiovasc Res*. 2013: cvt080.
17. Wisløff U, Loennechen JP, Falck G, Beisvag V, Currie S, Smith G, Ellingsen Ø. Increased contractility and calcium sensitivity in cardiac myocytes isolated from endurance trained rats. *Cardiovasc Res*. 2001; 50(3): 495-508.
18. Bazgir B, Fathi R, Valojerdi MR, Mozdziaik P, Asgari A. Satellite cells contribution to exercise mediated muscle hypertrophy and repair. *Cell Journal (Yakhteh)*. 2017; 18(4): 473-484.
19. Nederveen J, Joanisse S, Séguin C, Bell K, Baker S, Phillips S, et al. The effect of exercise mode on the acute response of satellite cells in old men. *Acta Physiologica*. 2015; 215(4): 177-190.
20. McCroskery S, Thomas M, Maxwell L, Sharma M, Kambadur R. Myostatin negatively regulates satellite cell activation and self-renewal. *J. Cell Biol*. 2003; 162(6): 1135-1147.
21. Roostaei M, gaeine A, Kordi MR. The difference of myostatin gene expression in fast and slow twitch healthy male rat after eight weeks of high intensity interval training. *Physiology of Exercise and Physical Activity*. 2016; 9(1): 10.[in Persian].
22. Walsh F, Celeste A. Myostatin: a modulator of skeletal-muscle stem cells. Portland Press Limited; 2005.
23. Martins C, Kazakova I, Ludviksen M, Mehus I, Wisloff U, Kulseng B, et al. High-intensity interval training and isocaloric moderate-intensity continuous training result in similar improvements in body composition and fitness in obese individuals. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2016; 26(3): 197-204.
24. Bell KE, Séguin C, Parise G, Baker SK, Phillips SM. Day-to-day changes in muscle protein synthesis in recovery from resistance, aerobic, and high-intensity interval exercise in older men. *J. Gerontol: Series A*. 2015; 70(8): 1024-1029.



Shahid Beheshti University

Sport and Exercise Physiology

Autumn & Winter 2019/ No.2/ Vol. 11/ Pages: 109-116

The effect of eight weeks of High-intensity Interval Training on the gene expression of the myogenic regulatory factors MyF5 and myogenin in the skeletal muscle of rats

Soheil Biglari*, Abbas Ali Gaeini

Department of Sport Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.

Received: 01/06/2018

Revised: 04/08/2018

Accepted: 04/30/2018

Purpose: Myogenesis plays an important role in the skeletal muscle reconstruction and growth. However, the impact of High-intensity Interval Training (HIIT) on the factors of this process is unknown. The purpose of this study was to investigate the effect of 8 weeks HIIT on myogenesis main factors, i.e. Myogenic Factor 5 (Myf5) and Myogenin in the rat's gastrocnemius muscle.

Methods: In this experimental study, sixteen male Wistar rats (at age of 10 weeks, weight= 255 ± 25 gr) were randomly divided into two groups (control (n = 8) and HIIT (n = 8)). HIIT protocol was performed for 40 minutes, three days a week for eight weeks. 48 hours after the last training session, gastrocnemius muscle was extracted and MyF5 and myogenin gene expression were measured by Real Time-PCR. To analyze the data, independent T-test was used.

Results: Compared to the control group, MyF5 and myogenin gene expression significantly increased in the experimental group ($P < 0.05$). Additionally, gastrocnemius muscle weight in training group was significantly higher than the control group ($P < 0.01$).

Conclusion: It seems that HIIT leads to a significant increase in the expression of MyF5, Myogenin, and gastrocnemius muscle weight in rats.

Keywords: HIIT, MyF5, Myogenesis, Myogenin, Real time-PCR.

* Corresponding Author: Soheil Biglari . Tel: 09183318578. E-Mail: s. biglari@ut.ac.ir