



اثربخشی مقاومتی-هوازی بر رشد تارهای عضلانی، تستوسترون سرم و گیرنده های آندروژنی عضله نعلی موش صحرایی نر با رده های سنی مختلف

محمد مهدی باقرپور طبالوندانی^۱، محمدرضا فدائی چافی^{۲*}، علی رضا علمیه^۲

تاریخ چاپ: ۱۴۰۱/۵/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۶

چکیده

هدف: هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر تمرینات مقاومتی-هوازی بر رشد تارهای عضله نعلی، سرم تستوسترون و گیرنده های آندروژنی عضله موش های صحرایی نر با رده های سنی مختلف بود.

روش کار: ۳۰ سر موش صحرایی نر نژاد ویستار کودک ۲ هفته ای $30/4+1/6$ ($n=10$)، جوان ۶ هفته ای $152/5+2/7$ ($n=10$) و سالمند ۹۶ هفته ای $324+16/7$ ($n=10$) در دو گروه تمرین و کنترل قرار گرفتند که گروه تمرین بعد از یک هفته آشنایی در برنامه ۶ روز تمرین در هفته به طور متناوب یک روز مقاومتی و یک روز هوازی به مدت ۶ هفته شرکت کردند. موش ها ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی بیهوش و بعد از خونگیری کشته و عضله نعلی استخراج شدند. همچنین سرم خون جداسازی شد و سپس غلظت تستوسترون خون به روش الیزا، رشد عضلانی توسط میکروسکوپ نوری و بیان ژنی گیرنده های آندروژنی عضله نعلی به روش **Real Time PCR** اندازه گیری گردید. جهت معنادار بودن تفاوت بین گروه ها از تحلیل واریانس یک طرفه و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. سطح معنی داری $p<0/05$ در نظر گرفته شد.

یافته ها: نتایج نشان داد سطح مقطع تارهای عضلانی گروه های تمرین کودک ($p=0/001$)، جوان ($p=0/003$) و سالمند ($p=0/001$) نسبت به گروه های کنترل بیشتر بود. بین تستوسترون سرم گروه تمرین و کنترل رده سنی کودک تفاوت معنی داری وجود نداشت ($p=0/6$)، در حالی که تستوسترون سرم گروه های تمرین در هر دو رده سنی جوان ($p=0/008$) و سالمند ($p=0/001$) بیشتر از گروه های کنترل بود. همچنین در بیان گیرنده های آندروژنی، تفاوت معنی داری بین گروه های تمرین و کنترل کودک ($p=0/3$)، جوان ($p=0/3$) و سالمند ($p=0/8$) مشاهده نشد. **نتیجه گیری:** نتایج نشان داد که تمرین مقاومتی-هوازی می تواند با افزایش غلظت تستوسترون باعث هایپرتروفی عضلانی در سنین مختلف گردد. تمرین مقاومتی-هوازی می تواند باعث تسریع در فرایند رشد گردیده و همچنین از آتروفی عضلانی در سالمندی جلوگیری نماید.

واژگان کلیدی: هایپرتروفی، تستوسترون، گیرنده های آندروژنی، رده های سنی مختلف

۱. دکترای فیزیولوژی ورزش، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران، ۲. استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.

*نشانی الکترونیک نویسنده مسئول: mfadaei2000@yahoo.com

مقدمه

در طول زندگی، توده عضلانی از نظر کمی و کیفی تغییرات زیادی را تجربه می کند. عضله اسکلتی یک بافت پویا است که با توجه به سن رشد، پیری، تغذیه، وضعیت سلامتی و فعالیت بدنی قادر به هایپرتروفی یا آتروفی است (۱). انجام فعالیت های ورزشی باعث به وجود آمدن نیاز های متعددی در بدن می شود که این نیاز ها منجر به تغییرات فیزیولوژیکی گوناگونی در بدن می شود (۲). با افزایش شدت فعالیت ورزشی حفظ همئوستاز بدن دشوارتر می گردد (۳). هایپرتروفی عضلانی یکی از این تغییرات فیزیولوژیکی است که بر اثر فعالیت های بدنی اتفاق می افتد. غالباً هایپرتروفی عضلات در نتیجه افزایش بار مکانیکی اتفاق می افتد. محققین بر این اعتقادند که محرک اصلی هایپرتروفی و متعاقب آن افزایش قدرت عضلانی، فشار مکانیکی می باشد (۴). در فرایند رشد طبیعی با افزایش وزن بدن بار مکانیکی بر عضلات خصوصاً عضلات نگهدارنده بدن که اکثراً از نوع کند انقباض هستند مانند عضلات راست نگهدارنده ستون فقرات و عضله نعلی افزایش می یابد (۳). فشار مکانیکی باعث رهاسازی هورمون ها توسط دستگاه غدد درون ریز می شود که با کنترل تغییرات و پاسخ به آن ها باعث حفظ همئوستاز بدن می گردد (۳). به هر حال، فعالیت های بدنی بر اساس نوع (مقاومتی یا هوازی)، شدت، زمان انجام آن ها، تاثیرات متفاوتی بر ترشح هورمون ها می گذارند (۵). نشان داده شده است تمرینات

مقاومتی و استقامتی در مردان می تواند باعث افزایش، کاهش و عدم تغییر در غلظت تستوسترون گردد (۲). انجام تمرینات بدنی یکی از موثرترین راه افزایش غلظت هورمون های آنابولیک می باشد (۵). تحقیقات نشان داده اند که پاسخ های حاد هورمونی به ورزش و فعالیت بدنی از اهمیت به سزایی برخوردار است. زیرا هورمون های آنابولیک از قبیل تستوسترون سبب افزایش سنتز پروتئین می گردند (۲). تستوسترون یک هورمون استروئیدی است که به صورت محلول آزاد در خون یافت نمی شود (۶). در نتیجه قسمت عمده آن (حدود ۹۸٪) از این هورمون به گلوبولین متصل به هورمون جنسی متصل می شود. بنا براین فقط تستوسترون آزاد در خون که از نظر بیولوژیکی فعال به حساب می آید و می تواند به راحتی در سارکولما توزیع گردد و اجازه دارد تا با گیرنده های آندروژنی داخل سلول و نیز مکانیسم سیگنالینگ آندروژن پایین دست ارتباط برقرار کند (۷). گیرنده های آندروژنی فاکتور رونویسی متصل شونده به DNA است که موجب افزایش سنتز mRNA می شود. در نتیجه باعث تغییر در سطح پروتئین های خاص در سلول ها می شود (۸). مطالعات نشان می دهد بین غلظت سرمی تستوسترون، گیرنده های آندروژنی و توده بدون چربی ارتباط مستقیم وجود دارد. شواهد نشانگر آنست که هدف اصلی هایپرتروفی عضلانی ایجاد شده توسط آندروژن ها، سلول های ماهواره ای است. این اطلاعات نشانگر آنست که قسمتی از اثرات

شود (۱۴). ویلوییگی و همکاران نشان دادند که تمرین مقاومتی باعث افزایش سرم تستوسترون می شود و بر افزایش تنظیم گیرنده های آندروژنی mRNA و بیان پروتئینی که به نظر می رسد مربوط به افزایش پروتئین میوفابریلار می شود، تاثیر گذار است (۱۵). پژوهش های مختلف انجام شده غالباً به بررسی سازگاری های تمرینات ورزشی بر روی یک یا دو رده سنی پرداخته اند. و در بسیاری از مطالعات صورت گرفته تمرینات مقاومتی و هوازی به صورت ترکیبی در یک جلسه تمرینی انجام گرفته است. حال آنکه تحقیق حاضر به بررسی تاثیرات هم زمان تمرین مقاومتی و هوازی به صورت متناوب در رده های سنی مختلف و نیز تفاوت سازگاری های به وجود آمده در این سنین پرداخته است.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع تحقیقات تجربی است. ۳۰ سر موش صحرایی نر نژاد ویستار در سه رده سنی ۲ هفته ای (۱۵۰ - ۱۰۰ گرمی)، ۸ هفته ای (۲۵۰ - ۲۲۰ گرمی) و ۲۴ ماهه (۳۲۰ - ۲۸۰ گرمی) و ۱۰ سر از هر رده سنی در این مطالعه استفاده شدند. در محیطی با دمای 23 ± 2 درجه سانتی گراد، رطوبت ۴۵ تا ۵۵ درصد و چرخه تاریکی به روشنایی ۱۲:۱۲ ساعته نگهداری شدند. در طی پژوهش غذای استاندارد پلت و آب به صورت آزاد در اختیار قرار گرفت. حیوانات پس از آشناسازی با

تستوسترون بر توده عضلانی به وسیله افزایش در تعداد سلول های ماهواره ای اعمال می گردد (۹). در واقع تمرین مقاومتی موجب افزایش سلول های ماهواره ای از طریق فعال سازی، تکثیر، مهاجرت و پیوند سلول های ماهواره ای به میوفابریلار می شود که در نتیجه به رشد عضلات کمک می کند (۱۰). در تحقیقی که توسط لوسیانو و همکاران بر روی موش های صحرایی انجام گرفت، پس از ۱۲ هفته تمرین مقاومتی هایپرتروفی در عضلات چهار سر ران موش ها مشاهده گردید (۱۱). در تحقیقی دیگر که توسط مرادی و همکاران با بررسی سه نوع تمرین بر روی موش ها انجام گرفت نشان داد که تمرین مقاومتی باعث هایپرتروفی عضلات شده و برعکس تمرین استقامتی باعث آتروفی عضلات گردید. و تمرینات همزمان مقاومتی هوازی تاثیر معنی داری بر هایپرتروفی عضلانی نداشت (۱۲). شاکری و همکاران نشان دادند که ۱۲ هفته تمرین قدرتی، استقامتی و ترکیبی در مردان غیر فعال، باعث کاهش معنادار در غلظت تستوسترون در گروه استقامت و افزایش آن در گروه قدرتی و ترکیبی شده است (۲). تسوکی و همکاران نشان دادند که ۲ ماه تمرین مقاومتی پیشرونده در پسران نوجوان منجر به افزایش قابل توجهی در سطح غلظت تستوسترون آن ها گردید (۱۳). احمدی و همکاران در تحقیقی بر روی مردان جوان بی تحرک نشان دادند که تمرینات متناوب می تواند باعث افزایش قابل توجه در سطح تستوسترون خون

محیط آزمایشگاهی به ۶ گروه تمرین و کنترل از هر رده سنی کودک، جوان و پیر و در هر گروه ۵ سر موش به صورت تصادفی تقسیم شدند. این پژوهش در آزمایشگاه موسسه بافت و ژنتیک پاسارگاد تهران و با نظارت اساتید فیزیولوژی و متخصصین آزمایشگاهی و نیز با رعایت کلیه اصول اخلاقی انجام شد. شایان ذکر است که کلیه اصول اخلاقی پژوهش حاضر مطابق با اصول کار با حیوانات آزمایشگاهی مصوب دانشگاه آزاد اسلامی رشت رعایت گردید و تمام مراحل آن توسط کمیته اخلاق دانشگاه مذکور با کد اخلاق IR.IAU.RASHT.REC.1399.029 تایید گردید.

تمرین مقاومتی: تمرینات شامل ۳ جلسه تمرین در هفته (شنبه، دوشنبه و چهارشنبه) به مدت ۶ هفته بود که شامل ۳ نوبت و هر نوبت شامل ۴ بار بالا رفتن از نردبان مخصوص به ارتفاع یک متر و بیست و شش پله با فاصله ۴ سانتی متر پله ها از هم بود. بین هر نوبت ۳۰ ثانیه استراحت برای حیوانات در نظر گرفته شد. پس از بستن وزنه به دم حیوانات، وادار به صعود از نردبان عمود شدند. در هفته اول میزان وزنه بسته شده به دم حیوان ۳۰٪، وزن بدن آن ها بود و به تدریج از هفته دوم ۷۰٪، هفته سوم ۱۰۰٪، هفته چهارم ۱۲۰٪، وزن بدن آن ها بود و تا پایان هفته ششم این بار تمرینی ثابت ماند (۱۶).

تمرین هوازی: جهت مشخص کردن حداکثر سرعت دویدن، ۶ سر موش های صحرایی از هر سه رده سنی (۲سر از هر رده سنی) به صورت تصادفی از گروه های کنترل انتخاب شدند. اندازه گیری لاکتات استراحت در روز اول به روش خراش دهی دم موش انجام گرفت. سپس موش ها جهت انجام تست واماندگی با سرعت ۲ متر بر دقیقه شروع به دویدن کردند و هر ۲ دقیقه ۲ متر بر دقیقه بر سرعت ترمیمیل افزوده شد. این روند افزایش سرعت تا جایی ادامه پیدا کرد که موش ها دیگر قادر به ادامه حرکت روی ترمیمیل نبودند و وامانده شدند. سپس بلافاصله لاکتات خون هر یک از آزمودنی ها اندازه گیری و به همراه سرعت بیشینه آنها ثبت گردید. در نهایت میانگین مقادیر بدست آمده سرعت در هر رده سنی به عنوان حداکثر شدت فعالیت ورزشی ثبت گردید. آزمودنی ها پس از ۴۸ ساعت ریکاوری به طور مداوم در سه مرحله ۱۰ دقیقه ای به ترتیب با شدت ۲۵٪، ۵۰٪ و ۷۵٪ حداکثر سرعت ثبت شده خود روی ترمیمیل دویدند. بلافاصله پس از هر مرحله لاکتات اندازه گیری و ثبت گردید. مشخص گردید که موش های صحرایی کودک در سرعت میانگین ۱۸ متر بر دقیقه به حداکثر سرعت خود با میانگین غلظت لاکتات ۸ میلی مول در لیتر، موش های صحرایی جوان در سرعت میانگین ۳۶ متر بر دقیقه به حداکثر سرعت خود با میانگین غلظت لاکتات ۶/۸ میلی مول در لیتر و موش های پیر در سرعت میانگین ۳۰ متر بر دقیقه

به حداکثر سرعت خود با میانگین غلظت لاکتات ۶/۹۵ رسیدند.

در ابتدا نمونه ها به مدت ۳ روز تحت برنامه آشنایی با نحوه فعالیت روی نوار گردان قرار گرفتند. تمرینات برای ۳ جلسه در هفته (یکشنبه، سه شنبه و پنج شنبه) و در روز های متناوب با تمرینات مقاومتی و به مدت ۶ هفته انجام شد. با توجه به نتایج بدست از آزمون پایلوت که اشاره گردید شدت تمرین در هفته اول معادل ۲۵ درصد حداکثر سرعت شروع و به ۵۰ درصد حداکثر در هفته ششم رسید (۱۷). ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی موش ها با استفاده از گاز CO₂ بی هوش و سرم خون جداسازی شده و سپس کشته شدند و در محیط کاملاً استریل با استفاده از تیغ جراحی و ایجاد برش در قسمت خلفی ساق پای آن ها، عضله نعلی استخراج گردید و بلافاصله در نیتروژن مایع منجمد شد و جهت انجام آزمایش های پاتولوژیکی و بررسی بیان ژن استفاده شدند. جهت بررسی رشد عضلانی ابتدا بافت مورد نظر بوسیله هماتوکسیلین به جهت متمایز کردن سلول ها و اجزاء آن و همچنین عناصر موجود در بافت رنگ آمیزی شد و سپس به وسیله میکروسکوپ نوری اندازه گیری شد. نمونه خون جدا شده جهت جداسازی سرم خون به مدت ۱۰ دقیقه و با

جدول شماره ۱. توالی پرایمر ها

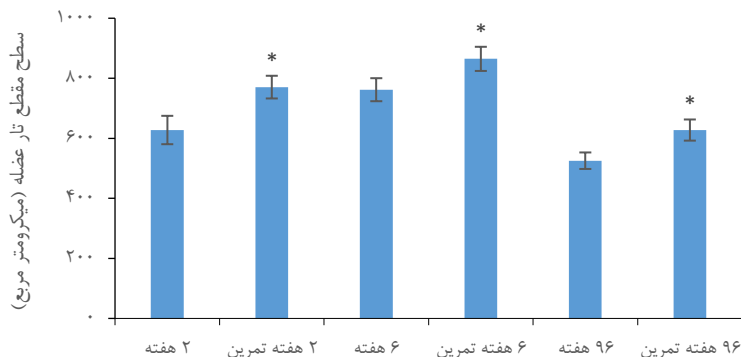
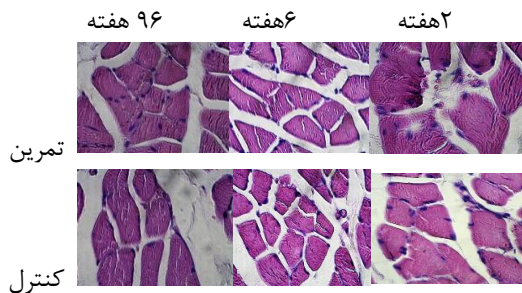
Androgen receptor	F:GGGGCAATTCGACCATATCTG R:CCCTTTGGCGTAACCTCCCTT
-------------------	--

سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید و سپس جهت اندازه گیری تستوسترون به آزمایشگاه انتقال داده شد. جهت اندازه گیری میزان شاخص تستوسترون از کیت آزمایشگاهی زل بیوا ساخت کشور آلمان استفاده شد. به منظور بررسی بیان گیرنده های آندروژنی از روش QPCR استفاده شد در این بررسی از ژن رفرنس بتا actin به عنوان ژن کنترل استفاده شد. به منظور انجام این تکنیک ابتدا طراحی پرایمر (جدول شماره ۱) ساخت شرکت سیناکلون ایران انجام شد و سپس RNA کل از بافت ها استخراج شده و به cDNA تبدیل گردید. سپس cDNA به روش PCR تکثیر شده و از نظر بیان ژن های ذکر شده مورد بررسی قرار گرفت. نسبت بیان ژن های مورد بررسی در این مطالعه، با روش مقایسه ای چرخه آستانه (Threshold Cycle: CT) مورد ارزیابی قرار گرفتند. تمامی داده ها بر اساس میانگین \pm انحراف استاندارد توصیف شده اند. جهت تعیین معنی دار بودن تفاوت بین گروه ها از تحلیل واریانس یک طرفه ANOVA و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. سطح معنی داری نیز $p \leq 0.05$ در نظر گرفته شد. کلیه بررسی های آماری با استفاده از نرم افزار prism انجام گرفت.

یافته‌ها

داد که تفاوت معنی داری در سطح مقطع تارهای عضله نعلی بین گروه های تمرین و کنترل کودک ($p=0/015$)، جوان ($p=0/033$) و سالمند ($p=0/026$) وجود داشت. و هاپیتروفی در رده کودکان بیشتر از دو رده سنی دیگر و در سالمندان بیشتر از جوانان بود (نمودار ۱).

وزن آزمودنی های گروه تمرین کودک هفته اول $30/4 \pm 1/6$ و هفته ششم به $179/24 \pm 6/4$ رسید، گروه جوان هفته اول $249/2 \pm 22/8$ و هفته ششم به $324 \pm 16/7$ رسید و گروه سالمند هفته اول و هفته ششم به ترتیب $336 \pm 118/7$ و $324 \pm 16/7$ بود. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه نشان



نمودار ۱. تغییرات سطح مقطع تارهای عضله نعلی در رده های سنی مختلف.

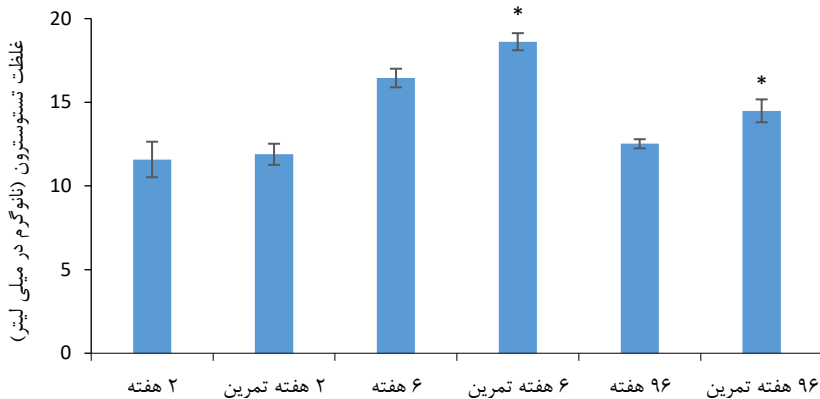
* تفاوت معنی دار نسبت به گروه تمرین نکرده ($p < 0/05$)

تستوسترون خون بین موش های کودک تمرین کرده و تمرین نکرده وجود ندارد اما تفاوت معنی داری در غلظت

تغییرات غلظت تستوسترون در نمودار ۲ نشان داده شده است بررسی موجود نشان می دهد که تفاوت معنی داری در غلظت

و افزایش تستوسترون در جوانان بیشتر از سالمندان بود.

تستوسترون بین گروه های تمرین کرده و تمرین نکرده در هر دو رده سنی جوان ($p=0/008$) و سالمند ($p=0/026$) وجود دارد.

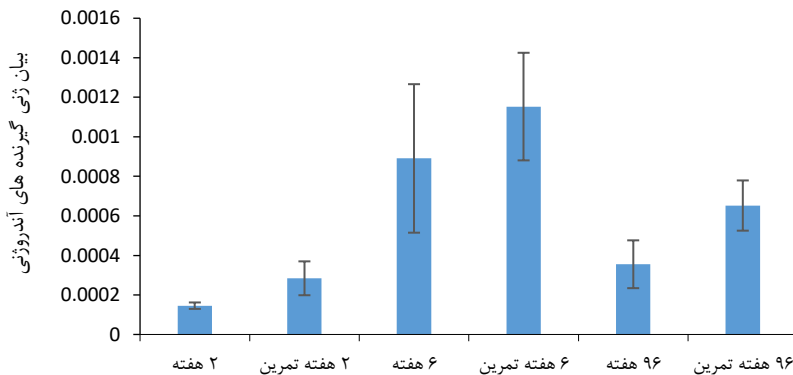


نمودار ۲. تغییرات غلظت تستوسترون در رده های سنی مختلف.

* تفاوت معنی دار نسبت به گروه تمرین نکرده ($p < 0/05$)

($p=0/3$)، جوان ($p=0/3$) و سالمند ($p=0/8$) مشاهده نشد. (نمودار ۳).

همچنین در بیان گیرنده های آندروژنی تفاوت معنی داری بین گروه تمرین و کنترل کودک



نمودار ۳. بیان گیرنده های آندروژنی در رده های سنی مختلف

بحث

تستوسترون و گیرنده های آندروژنی موش های صحرايي نر با رده های سنی مختلف پرداخته

پژوهش حاضر به بررسی اثر تمرینات مقاومتی - هوازی بر رشد تارهای عضلانی (عضله نعلی)،

است. یکی از تغییرات فیزیولوژیکی که بر اثر فعالیت بدنی اتفاق می افتد هایپرتروفی عضلانی است (۴). همچنین پرداختن به فعالیت بدنی بر اساس نوع و شدت آن، می تواند تاثیرات متفاوتی بر ترشح هورمون های آنابولیک بگذارد که غالباً در مردان به صورت افزایش در غلظت تستوسترون نمایان می شود (۵). هورمون های آنابولیک از قبیل تستوسترون باعث افزایش سنتز پروتئین می گردند (۲). از این رو پژوهش حاضر نشان داد که تمرینات مقاومتی - هوازی باعث افزایش سطح مقطع عضله نعلی در هر سه رده سنی گردیده و این هم راستا با مطالعاتی است که نشان داده اند تمرین مقاومتی باعث هایپرتروفی عضلانی می گردد (۱). همچنین تحقیق حاضر نشان داد که تمرین مقاومتی - هوازی باعث افزایش غلظت تستوسترون در رده های سنی جوان و سالمند شده است ولی در رده سنی کودک تاثیری نداشته است که می تواند به علت محدودیت ترشح این هورمون تا قبل از بلوغ در جنس نر باشد (۱۸). از یافته های قابل توجه پژوهش عدم وجود معنی داری در افزایش گیرنده های آندروژنی گروه های تمرینی در هر سه رده سنی بود که مغایر با نتیجه تحقیق ویلویی و همکاران می باشد (۱۵). بر اساس یافته های به دست آمده می توان اظهار داشت که تمرین مقاومتی - هوازی که به طور متناوب انجام گیرد، می تواند باعث رشد عضلانی عضله نعلی (هایپرتروفی) در کودکان، جوانان و افراد سالمند گردد که در خصوص هایپرتروفی در رده سنی سالمندان با نتایج تحقیقات افشارنژاد و همکاران (۲۰۱۹) که با تمرینات مقاومتی بر روی عضله دوقلوی موش های سالمند عدم تفاوت معنی دار هایپرتروفی در موش های تمرین کرده

نسبت به موش های تمرین نکرده نشان داد، مغایرت دارد (۱۹). دلیل این مغایرت می تواند به علت عدم تناسب اضافه بار در جلسات تمرینی باشد در پژوهش آنان باشد. بنا براین احتمال وجود دارد که تمرین مقاومتی - هوازی در تمام سنین موجب هایپرتروفی عضلانی و نیز در سنین جوانی و سالمندی باعث افزایش غلظت تستوسترون گردد. هرچند که افزایش اندکی در بیان گیرنده های آندروژنی در موش های تمرین کرده نسبت به موش های تمرین نکرده در هر سه رده سنی وجود دارد؛ اما این افزایش غیر معنی دار نمی تواند توجیه کننده عدم تاثیر افزایش غلظت تستوسترون بر روی هایپرتروفی عضلانی باشد. در رابطه با تاثیر تمرینات مقاومتی - هوازی بر هایپرتروفی عضلانی (به خصوص عضله نعلی) و غلظت تستوسترون در رده های سنی مختلف، اطلاعات بسار محدود می باشد و فقط چند مطالعه به تاثیر تمرینات مقاومتی یا هوازی در رده های سنی جوانان و سالمندان بر متغیرهای مذکور پرداخته است از جمله این پژوهش ها می توان به مطالعات بورده و همکاران (۲۰۱۵) افزایش ۱ تا ۲۱ درصدی در توده عضلانی بعد از تمرین در سالمندان را گزارش کرده اند (۲۰). دالی و همکاران (۲۰۰۵) با تمرینات استقامتی بر روی ۲۲ مرد آموزش دیده اشاره کرد که افزایش معنی دار در غلظت تستوسترون را گزارش کردند (۲۱). در تحقیقی دیگر گریزی و همکاران (۱۳۹۰) پس از ۱۰ هفته تمرین استقامتی، مقاومتی و هم زمان تغییر معنی دار غلظت تستوسترون در هیچ یک از گروهها را نداشتند (۲۲). به طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که غلظت تستوسترون در موش های کودک افزایش اندک داشته ولی معنا دار نبود در صورتیکه در موش های جوان و

تشکر

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می دانند از مدیریت و پرسنل محترم موسسه دانش بنیان بافت و ژنتیک پاسارگاد صمیمانه تشکر و قدردانی کنند.

سالمنند افزایش معنی داری داشته که با افزایش سطح مقطع عضله نعلی (هایپرتروفی) همراه بود. از طرفی دیگر تمرینات ورزشی احتمالاً می تواند باعث تسریع در فرایند رشد گردیده و با آتروفی عضلانی ناشی از پیری مقابله نماید.

منابع

1. Francaux M, Deldicque L. Exercise and the control of muscle mass in human. *Pflügers Archiv-European Journal of Physiology*. 2019;471(3):397-411.
2. Hasani A, Gavahi R, Padarvand S; The effect of combined exercise and green tea supplementation on the concentration of testosterone and globulin bound to plasma sex hormones in overweight men. *scientific gornal of jahad daneshgahi*. 2016; 31:205-220.
3. Rasee M, Gaeini A, Nazem F. *Hormonal adaptation in physical activities (Persian)*. Tehran: Tarbiat Modares University; 1994.
4. Sakuma K, Yamaguchi A. Sarcopenia and age-related endocrine function. *International journal of endocrinology*. 2012;2012.
5. Karkoulas K, Habeos I, Charokopos N, Tsiamita M, Mazarakis A, Pouli A, et al. Hormonal responses to marathon running in non-elite athletes. *European Journal of Internal Medicine*. 2008;19(8):598-601.
6. Fry A, Kraemer W, Ramsey L. Pituitary-adrenal-gonadal responses to high-intensity resistance exercise overtraining. *Journal of Applied Physiology*. 1998;85(6):2352-9.
7. Lee DK. Androgen receptor enhances myogenin expression and accelerates differentiation. *Biochemical and biophysical research communications*. 2002;294(2):408-13.
8. Lu NZ, Wardell SE, Burnstein KL, Defranco D, Fuller PJ, Giguere V, et al. International Union of Pharmacology. LXV. The pharmacology and classification of the nuclear receptor superfamily: glucocorticoid, mineralocorticoid, progesterone, and androgen receptors. *Pharmacological reviews*. 2006;58(4):782-97.
9. Kim J-s, Cross JM, Bamman MM. Impact of resistance loading on myostatin expression and cell cycle regulation in young and older men and women. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*. 2005;288(6):E1110-E9.
10. Adams GR. Satellite cell proliferation and skeletal muscle hypertrophy. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*. 2006;31(6):782-90.
11. Luciano TF, Marques S, Pieri B, De Souza DR, Araújo L, Nesi R, et al. Responses of skeletal muscle hypertrophy in Wistar rats to different resistance exercise models. *Physiological research*. 2017;66(2):317.
12. Moradi Y, Zehsaz F, Nourazar MA. Concurrent exercise training and Murf-1 and Atrogin-1 gene expression in the vastus lateralis muscle of male Wistar rats. *Apunts Sports Medicine*. 2020;55(205):21-7.
13. Tsolakis CK, Vagenas GK, Dessypris AG. Strength adaptations and hormonal responses to resistance training and detraining in preadolescent males. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2004;18(3):625-9.

14. Ahmadi MA, Zar A, Krustup P, Ahmadi F. Testosterone and cortisol response to acute intermittent and continuous aerobic exercise in sedentary men. *Sport Sciences for Health*. 2018;14(1):53-60.
15. Willoughby DS, Taylor L. Effects of sequential bouts of resistance exercise on androgen receptor expression. *Medicine and science in sports and exercise*. 2004;35(9):1499-1506.
16. Kim H-J, So B, Son JS, Song HS, Oh SL, Seong JK, et al. Resistance training inhibits the elevation of skeletal muscle derived-BDNF level concomitant with improvement of muscle strength in zucker diabetic rat. *Journal of exercise nutrition & biochemistry*. 2015;19(4):281-288.
17. Tsumiyama W, Oki S, Tamaru M, Ono T, Shimizu ME, Otsuka A. Evaluation of the lactate threshold of rats using external jugular vein catheterization. *Journal of Physical Therapy Science*. 2012;24(11):1107-9.
18. Brinkmann AO. Molecular mechanisms of androgen action—a historical perspective. *Androgen Action*. 2011:3-24.
19. Afsharnejad T, Amani A. The effect of resistance training on muscle strength, hypertrophy and myogenin protein levels of gastrocnemius muscles in elderly rats. *Applied studies in sports science*. 2019; 7(14):31-44.
20. Borde R, Hortobágyi T, Granacher U. Dose–response relationships of resistance training in healthy old adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*. 2015;45(12):1693-720.
21. Daly W, Seegers C, Rubin D, Dobridge J, Hackney A. Relationship between stress hormones and testosterone with prolonged endurance exercise. *European journal of applied physiology*. 2005;93(4):375-80.
22. Gorzi A, Rajabi H, Azad A, Hedayati M. Effect of concurrent, strength and endurance training on hormones, lipids and inflammatory characteristics of untrained men. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2012;13(6):614-20.



Metabolism and Exercise
A bioannual journal

Vol 10, Number 2, 2020



The effect of resistance-aerobic training on the growth of muscle fibers, serum testosterone and androgen receptors on soleus muscles, in different ages groups of male rats.

Bagherpour Tabalvandani MM¹, Fadaei chafy MR^{2*}, Elmiyeh A²

Received: 27/5/2021

Accepted: 18/8/2021

Published: 1/8/2022

Abstract

Aim: The aim of this study was to evaluate the effect of aerobic resistance training on the growth of muscle fibers, testosterone and androgen receptors in male rats of different age groups.

Method: 30 male Wistar rats, child 30.4±1.6g (n=10), young 152.2±5.7 (n=10) and elderly 324.±16.7 (n=10), were divided into two groups of training and control. Exercise was performed intermittently, one day for resistance and one day for aerobic for 6 weeks. 48 hours after the last training session, anesthesia, blood sampling and then they were killed and then gastrocnemius and soleus muscles were extracted. Blood serum was also isolated and then blood testosterone was measured by ELISA, muscle growth was measured by light microscopy and gene expression of androgen receptors was measured using Real-time PCR. One-way analysis of variance and Tukey's post hoc test were used to determine the differences between the groups. Significance level was considered $p < 0.05$.

Results: The results showed that the cross-sectional area of muscle fiber in all three training groups of ages (child ($p=0.001$), young ($p=0.003$) and elderly ($p=0.001$)) were more than control groups. There was no significant difference in serum testosterone between training and control groups of child ($p=0.6$), while serum testosterone in young ($p=0.008$) and elderly ($p=0.001$) training groups was more than controls. In addition, there was no significant difference in expression of androgen receptors between training and control groups of child ($p=0.3$), young ($p=0.3$) and elderly ($p=0.8$).

Conclusion: The results showed that resistance-aerobic exercise could cause muscle hypertrophy at different ages by increasing testosterone concentration. Resistance-aerobic training can accelerate the growth process and prevent muscle atrophy in old age.

Keywords: Hypertrophy, Testosterone, Androgen Receptor, Different Ages

1. PhD in Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sport Sciences, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran, 2. Assistant Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran.

*Email: mfadaei2000@yahoo.com