

Research Paper**Effect of 8-Week Resistance Training on Hypertrophy, Strength, & Myostatin Concentration in Old and Young Men***Raof Negaresh¹, Roohollah Ranjbar¹, Mohammad Mo'men Gharibvand², Abdolhamid Habibi¹, Motahare Mokhtarzade¹

1. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

2. Department of Radiology, School of Medicine, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran



Citation Negaresh R, Ranjbar R, Gharibvand MM, Habibi A, Mokhtarzade M. [Effect of 8-Week Resistance Training on Hypertrophy, Strength, and Myostatin Concentration in Old and Young Men (Persian)]. Iranian Journal of Ageing. 2017; 12(1):56-67. <http://dx.doi.org/10.21859/sija-120154>

doi <http://dx.doi.org/10.21859/sija-120154>

Received: 17 Oct. 2016

Accepted: 26 Jan. 2017

ABSTRACT

Objectives The decline in muscle mass and strength, which are associated with aging, is called sarcopenia. Resistance training is one of the effective methods to deal with sarcopenia. Correspondingly, this study aimed to investigate the effect of 8-week resistance training on muscle mass, strength, and myostatin concentration in old and young men.

Methods & Materials The present study included 14 old men (age range of 55 to 70 years) and 11 young ones (age range of 20 to 35 years) who were randomly chosen from the volunteers. They participated in a progressive resistance training (gradual increase in training load, 50% of one repetition maximum in the first week to 85% in the eighth week) for 8 weeks, 3 days a week. Daily calorie intake, strength, muscle mass, muscle cross-sectional area (by CT scan), and myostatin concentration were measured before and after the training.

Results The findings of the study indicated that after 8 weeks of training, muscle strength significantly increased in the old group in comparison with the young group ($P < 0.05$); however, total muscle mass significantly increased in the young one ($P < 0.05$). Daily calorie intake did not change in both groups ($P > 0.05$). Quadriceps muscle mean (SD) cross-sectional area of the young group (pretest: 76.03[12.21] cm² compared to posttest: 79.16[11.54] cm²) significantly increased ($P < 0.05$) compared to that in the old group (pretest: 60.03[10.57] cm² compared to posttest: 61.93[10.43] cm²). The myostatin mean (SD) concentration significantly decreased in both groups ($P < 0.05$), but there was no difference between the groups (3.86[1.89] ng/mL and 3.68[1.66] ng/mL in elderly and young group, respectively; $P > 0.05$). Also, there was a significant correlation between myostatin concentration with muscle mass in old men ($r = 0.73$, $P < 0.05$).

Conclusion Resistance training was associated with a decline in myostatin level and increase in the muscle mass and cross-sectional area. Hence, the beneficial effect of resistance training may decrease age-related muscle atrophy and affect elderly health.

Key words:

Aging, Sarcopenia, Myostatin, Hypertrophy, Resistance training

Extended Abstract**1. Objectives****R**

eduction in muscle mass and strength occurs with the aging process, which

is called sarcopenia. Resistance training is one of the most effective methods to counter the loss of muscle mass and strength. Several factors might play the role of mediation in resistance training to deal with the loss of muscle mass. Myostatin is an effective and negative factor to set the growth and maintain muscle mass,

*** Corresponding Author:**

Raof Negaresh, MSc.

Address: Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

Tel: +98 (916) 4262029

E-mail: raof.negaresh@yahoo.com

which may be dependent on the age of the individual [1]. Most previous studies evaluated mRNA myostatin in skeletal muscle. Before converting to myostatin protein or forming in circulation, mRNA myostatin bears adjustments and reforms so that it cannot represent the myostatin in blood circulation [2]. Therefore, monitoring changes in blood flow also becomes necessary. In this regard, this study aimed to investigate the effect of resistance training on strength and muscle mass and determine the concentration of myostatin.

2. Methods & Materials

Among the volunteers who participated in this research, 14 old men (age range 55-70 years) and 11 young ones (age range 20-35 years) were selected randomly for a progressive resistance training program (gradual increase from the first week of practice time with 50% of maximum one repetition up to the eighth week, with 85% of maximum one repetition) 3 days a week for 8 weeks. Exercise protocol included weight training for biceps, triceps, front thigh, back thigh, chest, belly, and shoulder muscle groups. For this purpose, front hip movements while sitting using the device, lying

Table 1. Anthropometric measurements, muscle mass, myostatin concentration with group separated

	Group	Pretest	Posttest	Pt-Test
Weight (Kg)	Aged	79.51±6.14	79.56±5.12	0.165
	Young	75.06±4.23	77.01±6.74	
Body mass index (Kg/m ²)	Aged	26.6±32.09	26.34±2.23	0.102
	Young	23.9±63.66	24.12±3.14	
Body fat (%)	Aged	24.9±93.46	24.43±3.17	0.086
	Young	22.6±12.60	22.14±1.89	
Physical activity (score)	Aged	26.91±16.16	-	-
	Young	26.43±21.18	-	
Foot maximum power (w)	Aged	530.12±98	*642±109.10	0.419
	Young	*648.26±48.21	*751.1±99.47	
The maximum power (w)	Aged	410.18±101	*528.36±88	0.318
	Young	*512.2±76.11	*598.25±92.96	
Scott (Kg)	Aged	41.45±6.14	*59.14±9.28	**0.001
	Young	*56.43±8.99	*68.31±11.03	
Bench press (Kg)	Aged	43.09±15.12	*58.81±11.47	**0.004
	Young	*58.11±8.89	*69.36±9.56	
Total muscle mass (Kg)	Aged	30.84±8.86	31.08±8.71	0.065
	Young	*34.36±8.58	*35.39±8.63	
Quadriceps muscle cross-sectional area (cm ²)	Aged	60.03±10.75	*61.93±10.42	**0.001
	Young	*76.03±12.21	*79.16±11.54	
Myostatin (ng/ml)	Aged	4.23±1.91	*3.86±1.89	0.865
	Young	4.04±1.79	*3.68±1.66	
Myostatin to muscle ratio (ng/ml.Kg)	Aged	0.16	*0.14±0.11	0.740
	Young	0.14±0.10	*0.12±0.09	

* Significant difference (t-test) compared to other groups in the pretest. * A significant difference (t-test) after the pretest compared to pretest, ** statistically significant (t-test) between the two groups after eight weeks of training; kg: kilogram, kg/m²: kilograms per square meter, w: Watt, cm²: square centimeter, ng/mL: nanogram per milligram

leg curl with the machine, squats for the lower limbs, slept bench press with the machine, chest, abdomen, belly and wide-grip pull-down for the central trunk muscles and biceps with barbell, triceps and deltoid wide-grip pull-down with device for the upper extremities were used. Calories received by recalling three days of food, maximum one repetition (power), mass and muscle cross-sectional area (including CT scan machine Siemens models, Germany), thigh area before and after the training period were measured in both groups. Blood samples were taken from the brachial vein after 10 hours of fasting, 3 days before and after the training program to measure levels of myostatin obtained through ELISA method (Sets by R & D Company, America). The Independent t test (comparing the difference between pre-and post-test between the two groups) and the Pearson coefficient were used for data analysis.

3. Results

The results showed that maximum power up, maximum power of hand, and the strength of squat and bench press were higher in the younger group compared to old people before starting the training program ($P < 0.05$). It was also found that the increase in power was significantly higher in the older group compared to young ones ($P < 0.05$) while there was no significant difference between the two groups ($P > 0.05$). After 8 weeks of training, both groups showed significant improvement in power and strength records compared to the pretest ($P < 0.05$). Muscle mass and cross-sectional area of the quadriceps muscle in young people were significantly higher ($P < 0.05$) compared to the aged group before starting the exercise program. But after 8 weeks of training, although cross-sectional area of quadriceps muscle had a significant increase in both groups, the increase in youth group was significantly higher ($P < 0.05$). Increase in muscle mass was significant only in the youth group ($P < 0.05$), but there was no change in muscle mass from pretest and posttest between two groups ($P < 0.05$).

In this research, serum level of myostatin was evaluated as an indicator associated with hypertrophy. The serum concentration of myostatin was at the baseline in both groups, and after 8 weeks of resistance training, it did not show a significant difference ($P > 0.05$), although both groups have demonstrated a significant reduction compared to pretest ($P < 0.05$). Correlation of myostatin serum at the baseline state with muscle mass was not significant in youth group ($r = -0.59$, $P = 0.053$). But there was a significant correlation between myostatin and muscle mass in the older group ($r = -0.73$, $P = 0.003$) (Table 1).

4. Conclusion

One of the interesting findings of the study was a further increase in power in the aged group compared to the young one. It is generally accepted that the initial rise in power (sessions and weeks) results from neural adaptation such as the use of more motor units and a decrease in opposed muscle activation [3, 4]. Moreover, increased strength in the aged subjects can be the result of psychological factors such as increase in confidence, lack of movement [4], and maximum one repetition test. In this study, a standard protocol of familiarization was used to avoid the impact of the mentioned factors (self-confidence and unawareness of movement) and increase the accuracy of maximum one repetition test before starting the exercise program. Serum myostatin showed a significant reduction in two age groups following the workout, which may indicate the potential of this type of training in increasing hypertrophy through reductive myostatin serum regulation. It seems that hypertrophic compatibility between two age groups cannot be explained by changes in serum myostatin. In addition to reducing the number of Type II muscle fibers and their atrophy, myostatin can cause a loss of strength in the aged subjects as observed in the present study [5].

Acknowledgments

This research was extracted from the MSc. thesis of the first author, in the Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

Conflict of Interest

The authors declared no conflicts of interest.

تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی بر هایپرتروفی و قدرت و مایوستاتین مردان سالمند و جوان

رتوف نگارش^۱، روح‌الله رنجبر^۱، محمد مؤمن غریبوند^۲، عبدالحمید حبیبی^۱، مطهره مختارزاده^۱^۱- گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.^۲- گروه رادیولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، اهواز، ایران.

چکیده

تاریخ دریافت: ۲۶ مهر ۱۳۹۵
تاریخ پذیرش: ۰۷ بهمن ۱۳۹۵

اهداف: با افزایش سن توده و قدرت عضلانی کاهش می‌یابد که به آن سارکوپنیا گفته می‌شود. تمرین مقاومتی یکی از روش‌های مؤثر برای مقابله با کاهش توده و قدرت عضلانی است. هدف این پژوهش بررسی تأثیر تمرین مقاومتی بر توده عضلانی و قدرت و غلظت مایوستاتین است.

مواد و روش‌ها: پس از فراخوان در سطح شهر اهواز، از بین افراد داوطلب برای شرکت در پژوهش، ۱۴ مرد سالمند (دلمته سنی ۵۵ تا ۷۰) و ۱۱ مرد جوان (دلمته سنی ۲۰ تا ۳۵) به صورت تصادفی انتخاب شدند. شرکت کنندگان در برنامه تمرین مقاومتی پیش‌رونده (افزایش تدریجی بار تمرین از هفته اول ۵۰ درصد یک تکرار پیشینه تا هفته هشتم ۸۵ درصد یک تکرار پیشینه) سه روز در هفته و به مدت هشت هفته شرکت کردند. مقدار کالری دریافتی، قدرت، توده عضلانی، سطح مقطع عضلانی (با سی‌تی‌اسکن) و غلظت مایوستاتین قبل و بعد از دوره تمرین اندازه‌گیری شد.

نتایج: نتایج نشان داد پس از هشت هفته، قدرت در گروه سالمند نسبت به گروه جوان افزایش بیشتری داشته است ($P < 0.05$)، در حالی که توده عضلانی کل بدن فقط در گروه جوان افزایش یافت ($P < 0.05$)، میزان کالری برنامه غذایی دو گروه تفاوت معناداری نداشت ($P > 0.05$). همچنین سطح مقطع عضله چهارسر ران در گروه جوان (761.0 ± 1222.1 سانتی‌متر مربع در پیش‌آزمون تا 791.6 ± 1115.4 سانتی‌متر مربع در پس‌آزمون) نسبت به گروه سالمند (601.1 ± 327.5 سانتی‌متر مربع در پیش‌آزمون تا 619.3 ± 1042 سانتی‌متر مربع در پس‌آزمون) افزایش معناداری داشت ($P < 0.05$). غلظت مایوستاتین (به ترتیب 318.6 ± 118.9 و 316.8 ± 116.6 نانوگرم بر میلی‌لیتر در گروه سالمند و جوان) پس از هشت هفته تمرین کاهش معناداری در دو گروه داشت ($P < 0.05$)، اما بین دو گروه اختلافی مشاهده نشد ($P > 0.05$). همچنین مایوستاتین با توده عضلانی سالمندان ارتباط معناداری داشت ($R = 0.72$, $P < 0.05$).

نتیجه‌گیری: تمرین مقاومتی با کاهش مایوستاتین و افزایش قدرت و حجم و سطح مقطع عضلانی همراه بود. این امر در نهایت ممکن است موجب کاهش آنروپی عضلانی و وابسته به سن شود و در سلامت سالمندان مؤثر باشد.

کلیدواژه‌ها:

سالمندی، سارکوپنیا، مایوستاتین، هایپرتروفی، تمرین مقاومتی

مقدمه

طی چند دهه اخیر با پیشرفت فناوری، زندگی ماشینی، ارتقای سطح بهداشت عمومی و فردی و بالا رفتن سن امید به زندگی، جمعیت سالمندان افزایش یافته است [۱]. تا سال ۲۰۰۰، حدود ۱۳ درصد از جمعیت جهان را سالمندان تشکیل می‌دادند. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۴۰ این میزان به ۲۰ درصد افزایش یابد [۲]. در ایران طبق سرشماری سال ۱۳۸۵، حدود ۷/۲ درصد از جمعیت (۵ میلیون و ۱۱۹ هزار نفر) را افراد سالمند تشکیل می‌دهند که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۱۴۰۵ این میزان با افزایش دو برابری به حدود ۱۴ درصد برسد [۱].

افزایش جمعیت سالمندان ضرورت اتخاذ روش‌هایی را برای

ارتقای کیفیت زندگی سالمندان نمایان‌تر می‌کند. با افزایش سن و جمعیت و طول عمر، خطرات مرتبط با افزایش سن از جمله خطرات مرتبط با سارکوپنیا افزایش می‌یابد [۳]. سارکوپنیا کاهش تدریجی و اجتناب‌ناپذیر حجم عضلانی و قدرت است که با افزایش سن رخ می‌دهد. سارکوپنیا همراه با عوامل محیطی نظیر کاهش فعالیت بدنی، مصرف ناکافی پروتئین، اختلال در سیستم هورمونی می‌دهد. همچنین بین دهه سوم تا هشتم زندگی وزن بدون چربی بدن ۲۰ تا ۳۰ درصد کاهش می‌یابد [۴].

سوپر خانواده عامل تبدیل‌شونده پتانسیل با پیش از سی عضوه پکی از عوامل مؤثر بر سلول‌های ماهواره‌ای و سازگاری‌های هایپرتروفیک

* نویسنده مسئول:

رتوف نگارش

نشانی: اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی.

تلفن: ۲۹-۴۲۶۲۰۲۹ (۹۱۶) ۰۹۸

پست الکترونیکی: raooof.negaresh@yahoo.com

1. TGF- β

با توجه به اثر تمرین مقاومتی بر هایپر تروفی و مطالعات متناقض و اندک در مورد مایوستاتین و تعامل آن با سازگاری‌های ناشی از تمرین مقاومتی و تغییرات احتمالی مرتبط با سن در سطوح مایوستاتین و ارتباط توده عضلانی با مایوستاتین، هدف این مطالعه مقایسه اثر تمرین مقاومتی بر مایوستاتین، قدرت، سطح مقطع عضلانی و توده عضلانی در مردان سالمند و جوانی است که حجم توده عضلانی مختلف دارند.

روش مطالعه

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. پس از اعلام فراخوان و تبلیغ در سطح شهر اهواز، از میان افراد داوطلب برای شرکت در پژوهش (۲۵ مرد سالمند در دامنه سنی ۵۵ تا ۷۰ سال و ۲۰ مرد جوان در دامنه سنی ۲۰ تا ۳۵ سال) که شرایط اولیه را ورود به پژوهش داشتند، ۲۵ نفر به صورت تصادفی انتخاب شدند. شرکت کنندگان در دو گروه مردان سالمند (۱۴ نفر) با میانگین سن 61.3 ± 5.9 سال، قد 162.6 ± 7.7 سانتی‌متر و گروه مردان جوان (۱۱ نفر) با میانگین سن 37.8 ± 2.5 سال، قد 173.4 ± 5.1 سانتی‌متر قرار گرفتند.

شرایط ورود به پژوهش به جز دامنه سنی مذکور (شرط اولیه)، شامل مصرف نکردن سیگار، نداشتن سابقه فعالیت بدنی منظم در یک سال گذشته، استفاده نکردن از داروهای مؤثر بر متابولیسم اسیدهای آمینه عضله از جمله بتا‌لوکرها، آگونیست‌های بتا، بلوکرهای کانال‌های کلسیمی و کورتیکواستروئیدها و مبتالان‌بودن به بیماری‌های مزمن همچون دیابت و پارکینسون و نروپاتی محیطی بود. پس از بررسی و توضیح اهداف پژوهش، ۹ مرد سالمند و ۶ مرد جوان از روند پژوهش خارج شدند. شرکت کنندگان قبل از شرکت در پژوهش، پرسش‌نامه PAR-Q & You را تکمیل کردند. این افراد در صورت داشتن مشکل برای انجام تمرین‌هایی مانند استئوپروز یا مشکلات مربوط به استخوان، مفاصل و اختلال حرکتی شدید از مطالعه حذف شدند.

یک هفته قبل از شروع برنامه تمرینی، برای آشنایی با مداخلات تحقیق و حرکت‌های تمرینی سه جلسه برگزار شد. سپس از آزمودنی‌ها اندازه‌های آنتروپومتریک قد و وزن و شاخص‌های ترکیب بدنی شامل: نمایه توده بدن و درصد چربی بدن گرفته شد. همچنین یک تکرار بیشینه گروه عضلانی به کار گرفته شده در برنامه تمرینی اندازه‌گیری شد. برای به دست آوردن یک تکرار بیشینه، از روش رگرسیونی بر اساس مقاومت و تعداد تکرار استفاده شد. در این شیوه ابتدا آزمودنی بیشترین تکرار ممکن را انجام می‌داد که مقاومت آن را محقق انتخاب کرده بود (هدف ۵ تا ۱۵ تکرار). سپس بر اساس میزان مقاومت و تعداد تکرار، تکرار بیشینه محاسبه می‌شد [۱۵].

برای محاسبه توان بی‌هوازی پایین‌تنه و بالاتنه، از آزمون سی تائیه دوچرخه و ینگیت بر اساس دستورالعمل‌های پیشین [۱۵]

است. مایوستاتین یکی از اعضای این خانواده است که عاملی مؤثر و منفی در تنظیم رشد و نگهداری حجم عضلانی محسوب می‌شود و ممکن است در سن موجود زنده تأثیرگذار باشد [۵]. کمبود یا جهش منفی در عملکرد مایوستاتین در گاو و موش منجر به افزایش حجم عضلانی می‌شود [۶]. اگرچه اساس ملکولی فنوتیپی این پدیده در حیوانات را هایپرپلازی (افزایش تعداد سلول عضلانی) ذکر کرده‌اند که با الگوی رشد عضلانی پس از تولد انسان (افزایش اندازه سلول عضلانی) متفاوت است. بنابراین برای بررسی اثر و تغییرات مایوستاتین در انسان پژوهش‌های بیشتری با استفاده از نمونه‌های انسانی در سنین مختلف لازم است.

نداشتن فعالیت فیزیکی، یکی از عوامل مهم ایجادکننده و تشدیدکننده کاهش توده و قدرت عضلانی در سالمندی و حتی در افراد جوان شناخته شده است [۷]. تحقیقات نشان داده‌اند مردان و زنان مسنی که از نظر فیزیکی غیرفعال هستند نسبت به افراد جوان بیشتر در معرض کاهش توده عضلانی، افزایش ناتوانی، ریسک افتادن و کاهش عملکرد قرار دارند [۸]. برای مقابله با این کاهش در توده و سطح مقطع عضلانی (CSA) مطالعات زیادی اثر تمرین مقاومتی را بررسی کرده‌اند [۹]. بیشتر این مطالعات، افزایش سطح مقطع، حجم، قدرت و عملکرد عضلانی را به دنبال تمرین مقاومتی گزارش کرده‌اند [۸، ۹]. فعالیت بدنی و به طور ویژه تمرین مقاومتی می‌تواند از کاهش توده عضلانی جلوگیری کند و حتی روند آن را معکوس سازد [۱۰]. سازوکارهای مؤثر بر پیشگیری از کاهش توده عضلانی و افزایش هایپر تروفی به دنبال فعالیت بدنی منظم و مقایسه آن با افراد جوان به خوبی شناخته نشده‌اند. در این راستا برخی مطالعات اثر تمرین مقاومتی را بر مایوستاتین به عنوان یک عامل آتروفیک بررسی کرده‌اند [۱۱-۱۳].

سارمی و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای مشاهده کردند که تمرین مقاومتی به تنهایی و همراه با مصرف مکمل کراتین، سطح سرمی مایوستاتین را کاهش می‌دهد [۱۱]. ویلگی (۲۰۰۴) نیز پیش از این نشان داده بود که به دنبال تمرین مقاومتی، بیان مایوستاتین در عضله اسکلتی و غلظت آن در خون کاهش می‌یابد [۱۲]. برخلاف این پژوهش‌ها، پاتریک و همکاران (۲۰۱۰) نیز به بررسی اثر تعاملی تمرین و آندروژن‌ها بر غلظت مایوستاتین و فولیستاتین سرمی و عضلانی پرداخته‌اند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد هیچ‌کدام از تمرین‌های ورزشی استقامتی و مقاومتی با شدت متوسط تغییر معناداری را در سطح سرمی مایوستاتین و فولیستاتین نداشته است [۱۳]. این یافته با برخی پژوهش‌های پیشین متناقض است. اغلب پژوهش‌های پیشین mRNA مایوستاتین را در عضله اسکلتی ارزیابی کرده‌اند. mRNA مایوستاتین پیش از تبدیل پروتئین مایوستاتین یا تبدیل شکل در گردش خون، دچار تعدیلات و اصلاحاتی می‌شود، به طوری که نمی‌تواند نشان‌دهنده مایوستاتین در گردش خون باشد [۱۴]. بنابراین، پایش تغییرات مایوستاتین در گردش خون ضروری است.

برنامه تمرینی

مداخله تمرینی محقق ساخته مشتمل بر هشت هفته و هر هفته سه جلسه تمرین مقاومتی در گروه تجربی بود. برنامه تمرینی شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن قبل از اجرای برنامه اصلی (حرکات کششی، راه رفتن، جاگینگ و دویدن نرم) و ۵ دقیقه سرد کردن پس از اجرای برنامه در هر جلسه بود. برنامه تمرینی شامل تمرین با وزنه برای گروه های عضلانی جلوی بازو، پشت بازو، جلوی ران، پشت ران، قفسه سینه، شکم و سرشانه بود. بدین منظور از حرکات جلوی ران نشسته با دستگاه، پشت ران خوابیده با دستگاه و اسکوات برای اندام پایین تنه؛ پرس سینه خوابیده با دستگاه، قفسه سینه با دستگاه، شکم، زیر شکم و زیر بغل با سیم کشی برای عضلات مرکزی تنه؛ جلوی بازو با هالتر، پشت بازو سیم کشی و سرشانه با دستگاه برای اندام بالاتنه در نظر گرفته شد. مقدار وزنه تمرینی بر اساس رکورد یک تکرار بیشینه به صورت تدریجی از ۵۰ درصد شروع و هر هفته ۵ درصد به بار تمرینی اضافه شد تا در هفته هشتم وزنه اعمال شده ۸۵ درصد از یک تکرار بیشینه باشد.

برای هر حرکت چهار دور در نظر گرفته شد. تعداد تکرارهای هر دور ۱۰ مرتبه و استراحت بین دورها یک دقیقه و استراحت بین دو حرکت مختلف سه دقیقه در نظر گرفته شد. ضربه انگ تکرارها با مترونوم تنظیم می شد، به طوری که هر حرکت به مدت ۲ ثانیه (یک ثانیه درونگرا و یک ثانیه برونگرا) طول می کشید. در هشت هفته ای که گروه تجربی برنامه تمرینی را اجرا می کرد، گروه کنترل هیچ گونه فعالیت ورزشی نداشت.

داده های پژوهش با استفاده از نسخه ۲۱ نرم افزار SPSS^۲ تحلیل شد. پس از اطمینان از طبیعی بودن توزیع داده ها به کمک آزمون شاپیرو ویلکز و همگن بودن واریانس ها به کمک آزمون لوون، از آزمون تی مستقل و همبسته به ترتیب برای بررسی اختلاف در حالت پایه و تغییرات درون گروهی از پیش آزمون به پس آزمون استفاده شد. همچنین به علت تفاوت در حالت پایه برخی متغیرها ابتدا از روش دلتا (تفریق پس آزمون از پیش آزمون) و سپس از آزمون تی مستقل برای بررسی اختلاف تغییرات بین گروهی در طول مداخله استفاده شد. از آزمون همبستگی پیرسون نیز برای ارزیابی ارتباط بین سطح سرمی مایو استاتین با حجم عضلانی و قدرت استفاده شد. سطح معناداری آزمون های آماری در سطح $P < 0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته ها

نتایج پس از هشت هفته تمرین مقاومتی در دو گروه سالمند و جوان تحلیل شد. جدول شماره ۱ نشان می دهد توان بیشینه پا، توان بیشینه دست، قدرت حاصل از حرکت اسکات و پرس سینه در گروه

استفاده شد. به طوری که مقاومت اعمال شده برای اندام پایین تنه ۷۵ هزارم وزن بدن و برای اندام بالاتنه ۵۰ هزارم وزن بدن اعمال شد [۱۵]. برای محاسبه سطح مقطع گروه عضلانی چهار سر ران قبل و چهار روز پس از پایان برنامه تمرینی، از سی تی اسکن استفاده شد. تصویربرداری با استفاده از یک اسکنر ۶۴ اسلایس زیمنس^۳ و در حالتی که آزمودنی ها در حالت خوابیده به پشت با پاهای کشیده بودند از ناحیه میانی ران، بین کندیل خارجی استخوان ساق و برجستگی بزرگ خارجی استخوان ران، گرفته شد [۱۶]. سپس سطح مقطع میانی عضله چهار سر ران با استفاده از نرم افزار سینگو^۴ محاسبه شد.

برای محاسبه توده یا حجم عضلات بدن از فرمول لی و همکاران (۲۰۰۰) بر اساس اندازه گیری های آنتروپومتریکی استفاده شد [۱۷]. در این روش که برای افراد ۲۰ تا ۸۱ ساله طراحی شده است، اندازه گیری های آنتروپومتریکی شامل قد، دور ران، دور بازو و دور ساق محاسبه شد و اطلاعات به دست آمده در فرمول زیر قرار گرفت تا حجم عضلانی به دست آید.

توده عضلانی (KG) = $0.00744 \times \text{دور بازو}^2 + 0.00088 \times \text{دور ران}^2 + 0.00441 \times \text{دور ساق}^2 + 2.14 + 0.028 \times \text{جنسیت} - 0.048 \times \text{سن} + 0.054 + 0.718$

در این فرمول عدد یک به ازای جنسیت مذکر و عدد ۱/۲ به ازای نژاد قرار می گیرد. همچنین برای محاسبه دور ران و بازو از ناحیه میانی استخوان ران و بازو استفاده می شود اما برای محاسبه دور ساق از ناحیه ای استفاده می شود که بیشترین محیط را دارد [۱۷].

برای محاسبه میزان فعالیت بدنی شرکت کنندگان از پرسش نامه فعالیت بدنی یک (۱۶ سؤال) به روش نمره گذاری لیکرت استفاده شد. روایی محتوایی و صوری و پایایی درونی این پرسش نامه پیش از این محاسبه شده است [۱۸]. سه روز قبل (دو روز کاری و یک روز تعطیل) و حین اجرای برنامه تمرینی برای محاسبه کالری برنامه غذایی از پرسش نامه یاد آمد غذایی ۲۴ ساعته استفاده شد. در این روش از جدول های مرجع و استاندارد برای تبدیل واحدها و پیمانه های خانگی به گرم استفاده شد. اطلاعات به دست آمده برای محاسبه انرژی تام، درصد انرژی حاصل از کربوهیدرات، چربی و پروتئین، با نسخه ۴ نرم افزار نوتریشن^۵ تحلیل شدند. قبل از شروع برنامه تمرینی و سه روز پس از آخرین جلسه تمرین، بین ساعت ۷/۳۰ تا ۹ در حالت ناشتا (۱۰ ساعت) از ورید بازویی و در حالت نشسته نمونه گیری خونی انجام شد. برای محاسبه سطح سرمی مایو استاتین از کیت الیزا^۵ استفاده شد.

2. Somatom Definition AS, Siemens medical solution, Forch-him Germany

3. Singo (Leonardo Singo, Siemens, Medical system, Germany)

4. Nutritonist

5. Company of R&D system (Minneapolis, MN, USA)

6. IBM SPSS Statistics, version 21, Armonk, NY

جدول ۱. اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک و توده عضلانی و غلظت مایو استاتین به تفکیک گروه

گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	P
وزن (کیلوگرم)	۷۶/۶±۵/۱۴	۷۷/۵±۵/۱۲	۰/۱۶۵
	۷۵/۴±۵/۲۳	۷۷/۴±۵/۱۴	
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۶/۲±۴۲/۰۹	۲۶/۲±۴۲/۱۳	۰/۱۰۲
	۲۳/۲±۹/۶۶	۲۳/۲±۱۲/۱۳	
چربی بدن (درصد)	۲۳/۲±۹/۷۳۶	۲۳/۲±۴۲/۱۷	۰/۰۸۶
	۲۲/۲±۶/۱۶۰	۲۲/۱±۱۴/۸۹	
فعالیت بدنی (نمره)	۲۶/۱۶±۹/۱۱۶	-	-
	۲۶/۲۱±۳۳/۱۸	-	
توان پیشینه پا (وات)	۵۳۰/۹۸±۱۲	۶۳۳±۱۰۷/۱۰	۰/۴۱۹
	۶۳۸/۳۳۸±۲۶/۲۱	۷۵۱/۹۹±۱/۴۷	
توان پیشینه دست (وات)	۳۱۰/۱۰۱±۱۸	۵۲۸/۸۸±۳۶	۰/۳۱۸
	۵۱۳/۷۶±۲/۱۱	۵۹۷/۹۳±۲۵/۹۶	
اسکلت (کیلوگرم)	۴۷/۶±۴۵/۱۴	۵۹/۹±۱۴/۲۸	**۰/۰۰۱
	۵۶/۱۸±۳۳/۹۹	۶۸/۱۱±۳۷/۰۳	
پرس سینه (کیلوگرم)	۳۳/۱۵±۰/۹۱۲	۵۸/۱۱±۸/۱۳۷	**۰/۰۰۴
	۵۸/۹/۸±۱/۱۸۹	۶۹/۹±۲۶/۵۶	
توده عضلانی (کیلوگرم)	۳۰/۸±۸۴/۸۶	۳۱/۸±۰/۸۷۱	۰/۰۶۵
	۳۳/۱۸±۳۶/۵۸	۳۵/۸±۳۹/۶۴	
سطح مقطع عضله چهارسر (سانتی‌متر مربع)	۶۰/۱۰±۰/۳۷۵	۶۱/۱۰±۹/۳۳۲	**۰/۰۰۱
	۷۶/۱/۲±۰/۲۲۱	۷۷/۱/۱±۱۶/۵۴	
مایو استاتین (نانوگرم بر میلی‌لیتر)	۴/۱±۳۳/۹۱	۳/۱±۸۶/۸۹	۰/۱۶۵
	۴/۱±۰/۴۸۹	۳/۱±۶۸/۶۶	
نسبت مایو استاتین به حجم عضلانی (نانوگرم بر میلی‌لیتر در کیلوگرم)	۰/۰±۱۶/۱۲	۰/۰±۱۳/۱۱	۰/۷۴۰
	۰/۰±۱۳/۱۰	۰/۰±۱۲/۰۹	

سالمند

*: اختلاف معنادار (آزمون تی مستقل) نسبت به گروه دیگر در پیش‌آزمون، * اختلاف معنادار (آزمون تی وابسته) پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون، **: اختلاف معنادار (آزمون تی مستقل) بین دو گروه پس از هشت هفته تمرین.

مقطع عضله چهارسر ران در گروه جوانان نسبت به گروه سالمندان قبل از شروع مداخله تمرینی به طور معناداری بیشتر بوده است ($P < 0.05$). اگرچه پس از هشت هفته تمرین سطح مقطع عضله چهارسر ران در هر دو گروه افزایش معناداری داشته است، اما این افزایش در گروه جوانان به طور معناداری بیشتر بوده است ($P < 0.05$). افزایش توده عضلانی نیز فقط در گروه جوان معنادار بوده است ($P < 0.05$)، اما در نهایت تفاوتی بین تغییرات توده عضلانی از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون بین دو گروه مشاهده نشد ($P < 0.05$). در این پژوهش سطح سرمی مایو استاتین به عنوان

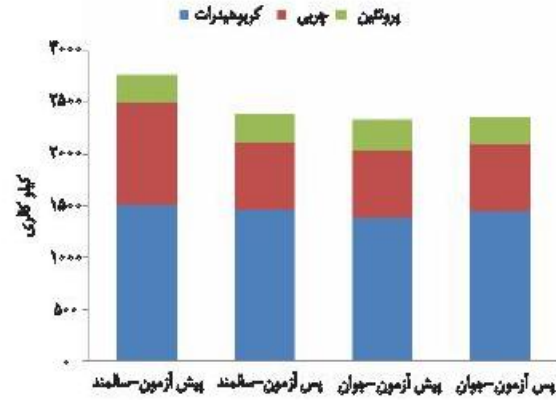
جوان نسبت به گروه سالمند قبل از شروع برنامه تمرینی بیشتر بوده است ($P < 0.05$). همچنین مشخص شد که میزان افزایش قدرت در گروه سالمند نسبت به گروه جوان به طور معناداری بیشتر بوده است ($P < 0.05$)، در حالی که در افزایش توان بین دو گروه تفاوت معناداری مشاهده نشده است ($P > 0.05$). همچنین پس از هشت هفته تمرین هر دو گروه بهبود معناداری را در رکوردهای توان و قدرت نسبت به پیش‌آزمون نشان دادند ($P < 0.05$).

نتایج حاصل از جدول شماره ۱ نشان داد توده عضلانی و سطح

مایوستاتین سرمی است. یافته‌ها نشان داد قدرت و توان پایین‌تنه و بالاتنه در حالت پایه در سالمندان کمتر است، اما پس از اعمال برنامه تمرینی قدرت در گروه سالمند نسبت به گروه جوان بیشتر شد. همچنین مشاهده شد که توده عضلانی و سطح مقطع عضله چهارسر ران در گروه سالمند کمتر است. برخلاف قدرت، میزان افزایش سطح مقطع عضلانی در گروه سالمندان کمتر از گروه جوانان است.

پیش از این بسیاری از مطالعات نشان داده بودند که آتروفی عضلانی با سن ارتباط دارد [۱۹]. برای مثال، رتکویسکی و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهش خود نشان دادند حجم و سطح مقطع عضلانی در جوانان نسبت به سالمندان بیشتر است [۱۹]. در مطالعه حاضر مشخص شد سطح مقطع و توده عضلانی در گروه جوان نسبت به سالمندان بیشتر افزایش یافت که با یافته‌های مطالعات پیشین مانند مرو و همکاران (۲۰۱۳) و بایکل و همکاران (۲۰۱۱) همخوانی دارد [۲۰، ۲۱]. در مطالعه مرو و همکاران (۲۰۱۳) سطح مقطع تارهای عضلانی نوع یک و نوع دو و متوسط هر دو تار پس از ۲۱ هفته تمرین مقاومتی در گروه جوان نسبت به گروه سالمند افزایش معناداری داشت. در مطالعه مرو و همکاران (۲۰۱۳) گروه جوان نسبت به گروه سالمند، در رژیم غذایی روزانه مقدار کالری و پروتئین بیشتری را در طول مداخله مصرف کرده بود که می‌تواند بر افزایش سطح مقطع تارهای عضلانی و سازگاری‌های هایپرتروفیک در این گروه تأثیر گذار باشد [۲۰].

در مطالعه حاضر کالری برنامه غذایی، پروتئین، کربوهیدرات و چربی مصرف‌شده بین دو گروه تفاوت معناداری نداشت. کوسبرتون و همکاران (۲۰۰۵) و گوپلت و همکاران (۲۰۰۴) در دو مطالعه مجزا بیان کردند که اختلال در تنظیم مسیر mTORC1 در سالمندان با تغذیه ارتباط دارد. همچنین آنان مشاهده کردند که در سالمندان پاسخ‌های آنابولیکی به مصرف مواد غذایی کمتر است [۲۲، ۲۳]. بنابراین می‌توان رژیم غذایی را به عنوان عامل مؤثری در نگهداری حجم و توده عضلانی معرفی کرد. در این



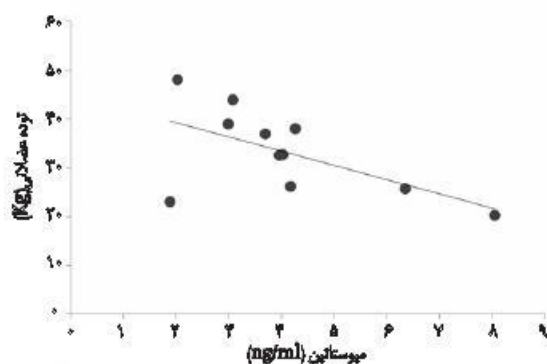
تصویر ۱. انرژی دریافتی برنامه غذایی به تفکیک گروه‌ها

شاخص مرتبط با هایپرتروفی ارزیابی شده است. غلظت سرمی مایوستاتین نیز بین دو گروه در حالت پایه و پس از هشت هفته تمرین مقاومتی تفاوت معناداری را نشان نداد ($P > 0.05$)، گرچه هر دو گروه نسبت به پیش‌آزمون کاهش معناداری را نشان دادند ($P < 0.05$).

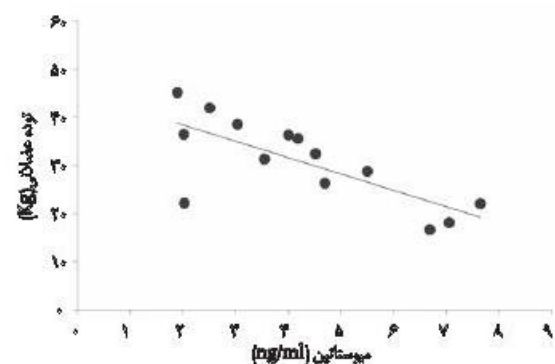
تصویر شماره ۱، به بررسی کالری برنامه غذایی دو گروه در آغاز و پایان مداخله تمرینی با تأکید بر درشت‌مغذی‌ها (پروتئین، کربوهیدرات و چربی) می‌پردازد. در کالری برنامه غذایی از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون و بین دو گروه تفاوت معناداری مشاهده نشده است ($P < 0.05$). همبستگی بین مایوستاتین و توده عضلانی در تصویر شماره ۲ و ۳ آمده است. همبستگی مایوستاتین سرمی با توده عضلانی در گروه جوان معنادار نبود ($r = -0.159$)، اما بین مایوستاتین و توده عضلانی در گروه سالمند همبستگی معناداری مشاهده شد ($r = -0.773$) ($P = 0.003$).

بحث

هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر هشت هفته تمرین مقاومتی بر قدرت، سطح مقطع عضله چهارسر، توده عضلانی و غلظت



تصویر ۳. ارتباط غلظت مایوستاتین با توده عضلانی در مردان سالمند
kg: کیلوگرم، ng/ml: نانوگرم بر میلی‌لیتر



تصویر ۲. ارتباط غلظت مایوستاتین با توده عضلانی در مردان جوان
kg: کیلوگرم، ng/ml: نانوگرم بر میلی‌لیتر

در حالی که این نتیجه در موش‌های مسن مشاهده نشد [۳۲]. یکی از اولین مطالعات در این زمینه، مطالعه روث و همکاران (۲۰۰۳) است که نشان دادند پس از ۹ هفته تمرین مقاومتی بیان mRNA مایوستاتین کاهش یافته است [۳۳]. وپلوگی و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعه‌ای نشان دادند که اگرچه قدرت و توده عضلانی افزایش یافته است، ولی بیان mRNA مایوستاتین پس از دوازده هفته تمرین مقاومتی تفاوت معناداری نگردیده است [۲۹].

در مطالعه حاضر غلظت سرمی مایوستاتین پس از هشت هفته تمرین مقاومتی افزایش یافت. ناهمخوانی نتایج در مطالعات مختلف می‌تواند ناشی از زمان نمونه‌گیری، روش نمونه‌گیری (نمونه خونی یا نمونه عضلانی با باپوسپی)، مدت، شدت تمرین و مصرف مکمل در دوره تمرین باشد [۲۹]. جاسپرسن و همکاران (۲۰۱۱) گزارش دادند که mRNA مایوستاتین پس از یک دوره کوتاه مدت تمرین ورزشی کاهش می‌یابد، اما در طولانی مدت افزایش می‌یابد [۳۴]. اغلب پژوهش‌ها mRNA مایوستاتین را در پاسخ یا پس از سازگاری به فعالیت بدنی در عضله اسکلتی اندازه‌گیری کرده‌اند. با توجه به اینکه mRNA مایوستاتین قبل از تبدیل به محصول تکامل یافته است، دچار تعدیلات و اصلاحات پس‌رونویسی و پس‌ترجمه می‌شود و نمی‌تواند نشان‌دهنده مایوستاتین در گردش خون باشد [۱۴]. برخلاف شباهت پژوهش‌ها در زمینه افزایش قدرت و حجم عضلانی پس از تمرین مقاومتی، نتایج مربوط به مایوستاتین ضدونقیض به نظر می‌رسد.

از دیگر یافته‌های این پژوهش، ارتباط معنادار بین مایوستاتین و توده عضلانی است که با یافته‌های پاراشسکی و همکاران (۲۰۰۳) همخوانی دارد [۳۵]. مایوستاتین در افراد سالمند می‌تواند از طریق تحریک و تشدید روند نکرور بافت عضلانی و افزایش بافت همبند، آتروفی عضلانی را رقم بزند. مایوستاتین در کنار کاهش تعداد تارهای عضلانی نوع دو و آتروفی آن‌ها، می‌تواند موجب کاهش قدرت در سالمندان شود که در مطالعه حاضر مشاهده شده است. از دیگر دلایل کاهش قدرت عضلانی که می‌تواند به مایوستاتین وابسته باشد می‌توان به تغییرات تخریب‌کننده در سازوکار تحریک و انقباض اشاره کرد. اختلال در این سازوکار با ایجاد اختلال در رهایی کلسیم و کاهش حساسیت به کلسیم به‌خصوص در تارهای نوع دو، تولید نیروی عضلانی را به‌لایزای مقدار مشخصی تحریک عصبی کاهش می‌دهد [۳۶].

نتیجه‌گیری نهایی

مطالعه حاضر نشان داد تمرین مقاومتی می‌تواند روند کاهش حجم عضلانی مرتبط با سن را تحت تأثیر قرار دهد و حتی آن را معکوس کند. نتایج حاصل از این پژوهش افزایش سطح مقطع (در هر دو گروه) و توده عضلانی (در گروه جوان) را پس از هشت هفته تمرین مقاومتی نشان داد. افزایش سطح مقطع عضلانی در گروه جوان بیشتر بود که می‌تواند نشان‌دهنده سازگاری بیشتر

پژوهش با وجود افزایش عملکرد عضلانی، هایپرتروفی عضلانی در گروه سالمند کمتر بوده است. این یافته با مطالعه پاراشسکی و همکاران (۱۹۹۹) همخوانی دارد [۲۴].

یکی از یافته‌های مطالعه حاضر، افزایش بیشتر قدرت در گروه سالمند نسبت به گروه جوان بود. به‌طور کلی افزایش اولیه در قدرت (در جلسه‌ها و هفته‌های اول) حاصل سازگاری‌های عصبی مانند به‌کارگیری واحدهای حرکتی بیشتر [۲۱] و کاهش در فعال‌سازی عضله مخالف است [۲۱، ۲۰]. علاوه بر این، افزایش قدرت در سالمندان می‌تواند حاصل عوامل روحی‌روانی مانند افزایش اعتمادبه‌نفس، ناآگاهی از شکل حرکت [۲۵] و آزمون یک تکرار بیشینه باشد. در این مطالعه از برنامه استاندارد آشناسازی برای جلوگیری از تأثیر عوامل ذکر شده (اعتمادبه‌نفس و ناآگاهی از شکل حرکت) و بالا بردن دقت آزمون یک تکرار بیشینه، قبل از شروع برنامه تمرینی استفاده شد. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که استفاده از برنامه‌های آشناسازی منجر به حذف تفاوت در قدرت اختیاری و فراخوانده به‌وسیله تحریک الکتریکی می‌شود. پس از آشناسازی، هر دو گروه جوان و سالمند می‌توانند ۹۵ تا ۱۰۰ قدرت بیشینه خود را با یک تلاش اختیاری اعمال کنند [۲۵].

مرو و همکاران (۲۰۱۳) به این نتیجه رسیدند که افزایش سطح مقطع عضلانی در گروه جوان بیشتر است، اما افزایش قدرت پس از ۱۰/۵ هفته تمرین مقاومتی در سالمندان بیشتر بوده است [۲۰]. بیگل و همکاران (۲۰۱۱) و والکر و هاگینن (۲۰۱۳) نیز نتایج مشابهی به دست آوردند [۲۶، ۲۱]. مایوستاتین با ممانعت کردن از فعالیت سلول‌های ماهوارهای و محدود کردن تمایز میوبلاست‌ها کلندیدی برای کنترل آتروفی و از دست دادن توده عضلانی است [۲۷، ۲۸]. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد بین غلظت مایوستاتین و نسبت مایوستاتین به توده عضلانی در دو گروه اختلاف معناداری وجود ندارد. این یافته با یافته‌های پیشین در مردان [۲۹]، هر دو جنس و حتی بین افراد مبتلا به سارکوپنیا و افراد جوان [۳۰] مشابه است.

اسزولگ و همکاران (۲۰۱۲) گزارش دادند مایوستاتین به صورت تدریجی و اندک تا سن ۵۷ سالگی افزایش می‌یابد و پس از آن به تدریج کاهش می‌یابد. در این مطالعه بین مایوستاتین و سن ارتباط معناداری مشاهده شد [۳۰]. در مطالعه اسزولگ و همکاران (۲۰۱۲) غلظت سرمی مایوستاتین شامل تمام فرم‌های فعال مایوستاتین بود. بنابراین، غلظت‌های مایوستاتین به‌دست‌آمده در آن مطالعه، بیشتر از مطالعات مشابه بوده است.

مطالعاتی که اثر حاد تمرین مقاومتی را بر مایوستاتین بررسی کرده‌اند، کاهش مایوستاتین به دنبال تمرین حاد مقاومتی در سنین مختلف را گزارش داده‌اند [۳۱، ۲۰] که می‌تواند برای رشد عضلانی مفید باشد. دوره تمرینی منجر به تنظیم کاهشی مایوستاتین در عضله چهارسر ران موش‌های جوان شده است،

References

- [1] Darbani M, Torkaman G, Movassaghe S, Bayat N. [Comparison of the hip, ankle and back extensor muscle strength and its correlation with functional balance in healthy and osteoporotic post-menopausal women (Persian)]. *Journal of Modern Rehabilitation*. 2015; 9(1):40-52.
- [2] Kun LG. Telehealth and the global health network in the 21st century. From homecare to public health informatics. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2001; 64(3):155-67. doi: 10.1016/s0169-2607(00)00135-8
- [3] Phillips SM. Physiologic and molecular bases of muscle hypertrophy and atrophy. Impact of resistance exercise on human skeletal muscle (protein and exercise dose effects). *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2009; 34(3):403-10. doi: 10.1139/h09-042
- [4] Trappe T, Williams R, Carrithers J, Raue U, Esmarck B, Kjaer M, et al. Influence of age and resistance exercise on human skeletal muscle proteolysis: A microdialysis approach. *Journal of Physiology*. 2004; 554(3):803-13. doi: 10.1113/jphysiol.2003.051755
- [5] Farrell PA, Joyner M, Caiozzo VJ. ACSM's advanced exercise physiology. Philadelphia: American College of Sports Medicine; 2012.
- [6] Lee SJ. Quadrupling muscle mass in mice by targeting TGF- β signaling pathways. *PLoS ONE*. 2007; 2(8):789. doi: 10.1371/journal.pone.0000789
- [7] Verdijk LB, Gleeson BG, Jonkers RAM, Meijer K, Savelberg HHCM, Dendale P, et al. Skeletal muscle hypertrophy following resistance training is accompanied by a fiber type-specific increase in satellite cell content in elderly men. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2009; 64(3):332-9. doi: 10.1093/gerona/gln050
- [8] Delshad M, Ebrahim K, Gholami M, Ghanbarian A. [The effect of resistance training on the prevention of sarcopenia in women over 50 years (Persian)]. *Journal of Bioscience and Sport*. 2011; 8(1):123-39.
- [9] Aguiar AF, Buzzachera CF, Pereira RM, Sanches VC, Januário RB, Da Silva RA, et al. A single set of exhaustive exercise before resistance training improves muscular performance in young men. *European Journal of Applied Physiology*. 2015; 115(7):1589-99. doi: 10.1007/s00421-015-3150-8
- [10] Falah A, Khayambashi K, Rahnema N, Ghoddoosi N. [Effects of hip abductor and external rotators strengthening and quadriceps strengthening in females with patellofemoral pain syndrome: A comparative study (Persian)]. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*. 2012; 8(2):354-62.
- [11] Saremi A, Gharakhanloo R, Sharghi S, Gharaati MR, Larjani B, Omidfar K. Effects of oral creatine and resistance training on serum myostatin and GASP-1. *Molecular and Cellular Endocrinology*. 2010; 317(1-2):25-30. doi: 10.1016/j.mce.2009.12.019.
- [12] Diel P, Schiffer T, Geisler S, Hertrampf T, Mosler S, Schulz S, et al. Analysis of the effects of androgens and training on myostatin propeptide and follistatin concentrations in blood and skeletal muscle using highly sensitive Immuno PCR. *Molecular and Cellular Endocrinology*. 2010; 330(1-2):1-9. doi: 10.1016/j.mce.2010.08.015
- [13] Willoughby DS. Effects of heavy resistance training on myostatin mRNA and protein expression. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2007; 39(12):2133-40. doi: 10.1249/01.mss.0000278111.51111.1f

هایپرتروفیک در سنین جوانی نسبت به سالمندی باشد. یافته‌ها نشان داد مایوستاتین سرم در حالت پایه و استراحتی تفاوتی بین دو گروه ندارد، اما به دنبال تمرین ورزشی، کاهش معناداری در دو گروه سنی مشاهده شد که می‌تواند نشان‌دهنده قابلیت این نوع تمرین در افزایش هایپرتروفی از طریق تنظیم کاهش مایوستاتین سرمی باشد. به نظر می‌رسد تفاوت سازگاری هایپرتروفیک بین دو گروه سنی را نمی‌توان با تغییرات سطح سرمی مایوستاتین تفسیر کرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله از پایان‌نامه کارشناسی ارشد آقای رئوف نگارش در گروه فیزیولوژی ورزشی دانشگاه شهیدچمران اهواز گرفته شده است. بدین وسیله از ریاست محترم گروه رادیولوژی دانشگاه جندی شاپور اهواز، کارکنان بخش رادیولوژی بیمارستان گلستان اهواز، مسئول محترم آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت‌بدنی شهیدچمران، شرکت‌کنندگان در پژوهش و تمام افرادی که در اجرای این پژوهش یاری کرده‌اند صمیمانه قدردانی می‌شود.

- ence in Sports & Exercise. 2004; 36(4):574-82. doi: 10.1249/01.mss.0000121952.71533.ea
- [14] Willoughby DS, Wilborn CD. Estradiol in females may negate skeletal muscle myostatin mRNA expression and serum myostatin propeptide levels after eccentric muscle contractions. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2006; 5(4):672-81. PMID: PMC3861770
- [15] Beam W, Adams G. *Exercise physiology laboratory manual*. New York: McGraw-Hill Education; 2014.
- [16] Abe T. Sex differences in whole body skeletal muscle mass measured by magnetic resonance imaging and its distribution in young Japanese adults. *British Journal of Sports Medicine*. 2003; 37(5):436-40. doi: 10.1136/bjbm.37.5.436
- [17] Lee RC, Wang Z, Heo M, Ross R, Janssen I, Heymsfield SB. Total-body skeletal muscle mass: Development and cross-validation of anthropometric prediction models. *The American journal of clinical nutrition*. 2000; 72(3):796-803. PMID: 10966902
- [18] Tofighi A, Babaei S, Kashkooli F, Babaei R. [The relationship between the amount of physical activity and general health in urmia medical university students (Persian)]. *Journal of Urmia Nursing and Midwifery Faculty*. 2014; 12(3):166-72.
- [19] Ratkevicius A, Joyson A, Selmer I, Dhanani T, Grierson C, Tommasi AM, et al. Serum concentrations of myostatin and myostatin-interacting proteins do not differ between young and sarcopenic elderly men. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2011; 66A(6):620-6. doi: 10.1093/gerona/ghr025
- [20] Mero AA, Hulmi JJ, Salmijärvi H, Katajavarui M, Haverinen M, Holviala J, et al. Resistance training induced increase in muscle fiber size in young and older men. *European Journal of Applied Physiology*. 2012; 113(3):641-50. doi: 10.1007/s00421-012-2466-x
- [21] Bickel CS, Cross JM, Bamman MM. Exercise dosing to retain resistance training adaptations in young and older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2011; 43(7):1177-87. doi: 10.1249/mss.0b013e318207c15d
- [22] Cuthbertson D. Anabolic signaling deficits underlie amino acid resistance of wasting, aging muscle. *FASEB Journal*. 2004; 19(3):422-4. doi: 10.1096/fj.04.2640fj
- [23] Guillet C. Impaired anabolic response of muscle protein synthesis is associated with S6K1 dysregulation in elderly humans. *The FASEB Journal*. 2004; 18(13):1586-7. doi: 10.1096/fj.03.1341fj
- [24] Yarasheski KE, Pak-Loduca J, Hasten DL, Obert KA, Brown MB, Sinacore DR. Resistance exercise training increases mixed muscle protein synthesis rate in frail women and men ≥ 76 years old. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*. 1999; 277(1):118-25. PMID: 10409135
- [25] De Serres SJ, Enoka RM. Older adults can maximally activate an elbow flexor muscle by voluntary command. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1997; 29:12. doi: 10.1097/00005768-199705001-00069
- [26] Walker S, Häkkinen K. Similar increases in strength after short-term resistance training due to different neuromuscular adaptations in young and older men. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2014; 28(11):3041-8. doi: 10.1519/jsc.0000000000000381
- [27] Thomas M, Langley B, Berry C, Sharma M, Kirk S, Bass J, et al. Myostatin, a negative regulator of muscle growth, functions by inhibiting myoblast proliferation. *Journal of Biological Chemistry*. 2000; 275(51):40235-43. doi: 10.1074/jbc.m004356200
- [28] Welle S, Bhatt K, Shah B, Thornton CA. Insulin-like growth factor-1 and myostatin mRNA expression in muscle: Comparison between 62-77 and 21-31 years old men. *Experimental Gerontology*. 2002; 37(6):833-9. doi: 10.1016/s0531-5565(02)00025-6
- [29] Willoughby DS. Effects of heavy resistance training on myostatin mRNA and protein expression. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2004; 36(4):574-82. doi: 10.1249/01.mss.0000121952.71533.ea
- [30] Szulc P, Schoppet M, Goettsch C, Rauner M, Dschietzig T, Chapurlat R, et al. Endocrine and clinical correlates of myostatin serum concentration in men—the STRAMBO study. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2012; 97(10):3700-8. doi: 10.1210/jc.2012-1273
- [31] Dalbo VJ, Roberts MD, Sunderland KL, Poole CN, Stout JR, Beck TW, et al. Acute loading and aging effects on myostatin pathway biomarkers in human skeletal muscle after three sequential bouts of resistance exercise. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2011; 66A(8):855-65. doi: 10.1093/gerona/ghr091
- [32] Leiter JRS, Peeler J, Anderson JE. Exercise-induced muscle growth is muscle-specific and age-dependent. *Muscle & Nerve*. 2011; 43(6):828-38. doi: 10.1002/mus.21965
- [33] Roth SM, Martel GF, Ferrell RE, Metter EJ, Hurley BF, Rogers MA. Myostatin gene expression is reduced in humans with heavy-resistance strength training: A brief communication. *Experimental Biology and Medicine*. 2003; 228(6):706-9. PMID: 12773702
- [34] Jespersen JG, Nedergaard A, Andersen LL, Schjerling P, Andersen JL. Myostatin expression during human muscle hypertrophy and subsequent atrophy: Increased myostatin with detraining. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2011; 21(2):215-23. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.01044.x
- [35] Yarasheski KE, Bhasin S, Sinha-Hikim I, Pak-Loduca J, Gonzalez-Cadavid NF. Serum myostatin-immunoreactive protein is increased in 60-92 years old women and men with muscle wasting. *Journal of Nutrition Health and Aging*. 2002; 6(5):343-8.
- [36] Narici MV, Maganaris CN. Adaptability of elderly human muscles and tendons to increased loading. *Journal of Anatomy*. 2006; 208(4):433-43. doi: 10.1111/j.1469-7580.2006.00548.x