SALMAND
IRANIAN JOURNAL OF AGEING

Autmn 2019. Vol 14. Issue 3

Research Paper

The Effect of 8 Weeks Resistance Training With Low Load and High Load on Testosterone, Insulin-Like Growth Factor-1, Insulin-Like Growth Factor Binding Protein-3 Levels, and Functional Adaptations in Older Women

***Esmat Rashidi[1], Seyed Ali Reza Hosseini Kakhak[1], Roya Askari[1]**

1. Department of Sport Physiology and Sport Management, Faculty of Sciences Sport, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation: Rashidi E, Hosseini Kakhak SAR, Askari R. [The Effect of 8 Weeks Resistance Training With Low Load and High Load on Testosterone, Insulin-Like Growth Factor-1, Insulin-Like Growth Factor Binding Protein-3 Levels, and Functional Adaptations in Older Women (Persian)]. Salmand: Iranian Journal of Ageing. 2019; 14(3):356-367. https://doi.org/10.32598/sija.13.10.470

https://doi.org/10.32598/sija.13.10.470

CC BY NC

Received: 11 Apr 2019
Accepted: 27 Aug 2019
Available Online: 01 Oct 2019

Key words:
Low-load resistance training, High-load resistance training; Testosterone, Insulin-like Growth Factor 1 (IGF-1), Insulin-like Growth Factor Binding Protein-3 (IGFBP-3)

ABSTRACT

Objectives The loss of muscle mass in older adults is attributed to the impaired ability of the skeletal muscle in response to anabolic stimuli and the increased activation of the proteolytic signaling pathway. With increasing age, plasma concentrations of circulating anabolic hormones and growth factors, e.g. testosterone, Insulin-like Growth Factor-1 (IGF-1) and Insulin-like Growth Factor Binding Protein-3 (IGFBP-3) are also diminished. Resistance Training (RT) promotes positive adaptations that attenuate the harmful effects of aging. The aim of this investigation was evaluation the impact of RT with Low Load (LL) and High Load (HL) on the testosterone, IGF-1, IGFBP-3 levels and functional adaptations in older women.

Methods & Materials A total of 28 older women (Mean±SD age: 63.14±2.51 y) eligible to participate in this study were randomly assigned into three groups of RT with Low Load (RT-LL) (30٪ 1RM [one repetition maximum test]), RT group with High Load (RT-HL) (80٪ 1RM) and control group. Both training groups performed the exercise until fatigue. The minimum number of repetitions for the RT-LL group was 20 and for the RT-HL group 8. The RT program was executed three sessions per week for 8 weeks. Testosterone, IGF-1, IGFBP-3, lower body muscular strength, and muscular endurance of the subjects were measured before and after the intervention.

Results No significant changes were observed in testosterone, IGF-1, and IGFBP-3 levels after 8 weeks of RT (P>0.05). Both training groups significantly increased the lower body muscular strength and muscular endurance (P<0.05), and there was no significant difference between the two RT groups (P>0.05).

Conclusion Based on the study findings, RT-LL until the fatigue may affect performance adaptations resulting from exercise and provide an appropriate alternative to RT-HL in older people.

Extended Abstract

1. Introduction

Decreased muscle mass in older people is attributed to impaired skeletal muscle ability to respond to anabolic stimulation and to increase the activity of proteolytic signaling pathways [1]. According to studies, low exercise intensities like 30% of 1-Repetition Maximum (1RM) to voluntary fatigue are effective in stimulating muscle protein synthesis and hypertrophy [2]. In other words, in fatigue conditions, increased activity of the motor unit leads to increased activity of high-threshold motor units that innervate type II fibers and in-

* *Corresponding Author:*
Esmat Rashidi, PhD. Student
Address: Department of Sport Physiology and Sport Management, Faculty of Sciences Sport, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.
Tel: +98 (915) 1363633
E-mail: smat_rashidi@yahoo.com

creases stimulation for hypertrophy and muscle strength [3-5]. Since hormone changes and growth factors are involved in the effect of resistance training with different loads on muscle hypertrophy, this study aimed to investigate the impact of 8-week resistance training to volitional fatigue with 30% and 80% of 1RM on testosterone, Insulin-like Growth Factor 1 (IGF-1), IGF Binding Protein-3 (IGFBP-3), and functional adaptations in older women.

2. Materials and Methods

The study participants were 28 older women living in Mashhad City, Iran who were randomly assigned into three groups of resistance training with low load (RT+LL), 30% 1RM (n=12), resistance training with high load (RT+HL), 80% 1RM (n=8), and control (n=8). The training was conducted 3 sessions per week for 8 weeks. The training protocol included warming up, training to fatigue with low and high loads (30% and 80% of 1RM), and cooling down. The minimum number of repetitions was 20 for the RT+LL group and 8 for the RT+HL group.

To estimate the maximum strength of the participants, we used a weight by which the subject could perform training correctly up to 10 times. Using the Brzeski Equation (Formal 1), the maximum strength of the subjects was achieved in performing bench press and knee flexion to determine the maximum upper and lower body muscle strength [6].

1. *1RM= weight / [1.0278- (0.0278×number of repetitions)]*

The Shapiro-Wilk test was used to check the normality of the data distribution. The paired t test was used to examine within-group differences, and one-way ANOVA and Bonferroni post hoc test were used to determine the differences between groups. The significance level was set at P<0.05.

3. Results

Five milliliters of blood samples were taken from the vein of subjects in the fasting time before the intervention and eight weeks after training to measure their biochemical factors. All factors were measured by Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) method (Table 1).

The results showed that the resistance exercise had no significant effect on testosterone, IGF-1, and IGFBP-3 levels (P>0.05). Both types of low-load and high-load training significantly increased lower body muscle strength and endurance (P<0.05), and there was no significant difference between the two groups (P>0.05) (Table 2).

4. Conclusion

The results showed that eight weeks of low- and high-load resistance training to fatigue had no significant effect on IGF-1, IGFBP-3, and testosterone, but both types of exercise increased muscle strength and endurance in older women. Low-load resistance training significantly improved muscle function; also, it had a positive but not significant effect on some biochemical factors related to muscle strength and muscle hypertrophy. Although higher intensity resistance exercises may have more beneficial results, they can put too much pressure on the musculoskeletal and cardiovascular system, and besides their potential unpleasant consequences, they can make the elderly feel tired and drained [8]. Therefore, it is recommended to use low-load resistance training where it is not possible to use high-load resistance training (e.g. in rehabilitation, chronic diseases, or physical disability).

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study received its ethical approval from the Research Ethics Committee of Hakim Sabzevari University.

Table 1. ELISA kits used for measuring biochemical factors

Factor	ELISA kit	Sensitivity, ng/mL
IGF-1	Mediagnost (Germany)	0.09
IGFBP-3	Mediagnost (Germany)	0.03
Testosterone	LBL International (Germany)	0.18

SALMAND
IRANIAN JOURNAL OF AGEING

ELIZA: Enzyme-linked Immunosorbent Assay; IGF-1: Insulin-Like Growth Factor 1; IGFBP-3: Insulin-Like Growth Factor binding Protein-3

Table 2. The inter nad between group changes of the variables

Variables	Stage	RT+LL	RT+HL	Control	P*
IGF-1 (ng/mL)	Pre-test	141±56.93	180.75±49.63	157±124.78	0.86
	Post-test	183±70.88	165.75±35.15	184±113.72	
	P	0.06	0.33	0.26	
IGFBP-3 (ng/mL)	Pre-test	3177.5±650.88	3421.9±651.46	3235±707.46	0.75
	Post-test	3156.2±629.31	3409.4±893.78	3196.9±786.16	
	P	0.88	0.93	0.71	
Testosterone (ng/mL)	Pre-test	0.28±0.10	0.34±0.21	0.37±0.05	0.17
	Post-test	0.29±0.09	0.27±0.07	0.35±0.07	
	P	0.36	0.37	0.50	
Two-min walk test (No)	Pre-test	124.50±26.34	152.88±39.76	93.62±23.69	0.001
	Post-test	168.17±29.20	195±28.94	103.38±25.30	
	P	0.001*	0.004*	0.26	
Chair stand test (No)	Pre-test	11.25±1.60	11.37±3.33	9.12±2.10	0.001
	Post-test	16.08±3.14	17.25±3.61	10.87±2.79	
	P	0.001	0.001	0.021	

SALMAND
IRANIAN JOURNAL OF AGEING

IGF-1: Insulin-Like Growth Factor 1; IGFBP-3: Insulin-Like Growth Factor Binding Protein-3; RT+LL: Resistance Training With Low Load; RT+HL: Resistance Training With High Load

* Significant difference at P<0.05

Funding

The present paper was extracted from the PhD. thesis of first Author, Esmat Rashidi, in Department of Sport Physiology and Sport Management, Faculty of Sciences Sport, Hakim Sabzevari University.

Authors' contributions

All authors contributed in preparing this article.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی با بار کم در برابر بار زیاد برتستوسترون، IGFBP-3، IGF-1 و عملکرد زنان سالمند

*عصمت رشیدی[1]، سیدعلیرضا حسینی کاخک[1]، رویا عسکری[1]

۱- گروه فیزیولوژی ورزشی و مدیریت ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

تاریخ دریافت: ۲۲ فروردین ۱۳۹۸
تاریخ پذیرش: ۰۵ شهریور ۱۳۹۸
تاریخ انتشار: ۰۹ مهر ۱۳۹۸

کلیدواژه‌ها:
تمرین مقاومتی با بار کم، تمرین مقاومتی با بار زیاد، تستوسترون، فاکتور رشد شبه‌انسولین یک (IGF-1)، پروتئین شماره ۳ باندشده با فاکتور رشد شبه‌انسولین (IGFBP-3)

چکیده

اهداف کاهش توده عضله در افراد مسن، به اختلال در توانایی عضله اسکلتی برای پاسخ‌دادن به تحریک آنابولیکی و افزایش فعالیت مسیرهای سیگنالی پروتئولیتیک نسبت داده می‌شود. همراه با افزایش سن، غلظت هورمون‌های آنابولیک نظیر تستوسترون، IGF-1 و IGFBP-3کاهش می‌یابد. تمرین‌های مقاومتی باعث ایجاد سازگاری‌های مثبتی در افراد مسن می‌شود و از این طریق اثرات مخرب افزایش سن را کاهش می‌دهد. هدف از این بررسی تأثیر اجرای تمرین مقاومتی با بار کم در برابر بار زیاد تا حد خستگی، بر تستوسترون،IGF-1 وIGFBP-3 و عملکرد زنان سالمند بود.

مواد و روش‌ها ۲۸ زن سالمند با میانگین و انحراف معیار سنی ۲/۵۱±۶۳/۱۴ سال که واجد شرکت در پژوهش بودند، به صورت تصادفی در ۳ گروه آزمایش مقاومتی با بار کم (۳۰ درصد یک تکرار بیشینه)، تمرین مقاومتی با بار زیاد (۸۰ درصد یک تکرار بیشینه) و گروه کنترل قرار گرفتند. برنامه تمرین شامل ۸ هفته و هر هفته ۳ جلسه بود. هر دو گروه تمرینات را تا سرحد خستگی اجرا می‌کردند. حداقل تعداد تکرار برای گروه با بار کم ۲۰ تکرار و برای گروه با بار زیاد ۸ تکرار بود. قبل و بعد از دوره تمرینی، سطوح سرمی تستوسترون IGF-۱، IGFBP-3، قدرت عضلانی پایین‌تنه و استقامت عضلانی اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها تمرین تأثیر معنی‌داری بر تستوسترون، IGF-1 و IGFBP-3 آزمودنی‌ها نداشت (P>۰/۰۵). هر دو نوع تمرین با بار کم و بار زیاد باعث افزایش معنی‌داری در قدرت عضلانی پایین‌تنه و استقامت عضلانی شد (P<۰/۰۵)، و بین دو گروه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (P>۰/۰۵).

نتیجه‌گیری بر اساس یافته‌های این تحقیق، این احتمال وجود دارد که تمرین مقاومتی با بار کم تا سرحد خستگی می‌تواند بر سازگاری‌های عملکردی ناشی از تمرین اثر گذاشته و جایگزین مناسبی برای تمرینات با بار بالا در افراد سالمند باشد.

مقدمه

پیری فرایندی طبیعی است که با کاهش پیش‌رونده در عملکرد فیزیولوژیکی مشخص می‌شود. این موضوع موجب افزایش خطر بیماری‌ها و میزان مرگ و میر می‌شود. با کاهش عملکرد جسمانی همراه با پیری خطراتی از چند جنبه برای سلامتی ایجاد می‌شود، از قبیل شکستگی، ناتوانی، ازدست‌دادن استقلال، کاهش کیفیت زندگی، بستری و در نهایت مرگ [۱]. پس از ۳۵سالگی، کاهش فیزیولوژیکی توده عضله همراه با کاهش قدرت با نرخ ۲-۱ درصد (میانگین ۱/۵ درصد) در سال رخ می‌دهد که بعد از ۶۰سالگی به میزان سه درصد در سال تسریع می‌شود [۴-۲]. کاهش توده عضله در افراد مسن به اختلال در توانایی عضله اسکلتی برای پاسخ‌دادن به تحریک آنابولیکی و افزایش فعالیت مسیرهای سیگنالی پروتئولیتیک نسبت داده می‌شود [۵].

تحقیقات نشان داده‌اند که همراه با افزایش سن غلظت سرمی و پلاسمایی هورمونه‌ای آنابولیک نظیر تستوسترون و فاکتور رشد شبه انسولینی یک (IGF-1) کاهش می‌یابد [۸-۶].

یکی از بهترین روش‌های غیردارویی برای جلوگیری از افت عملکرد و توده عضله، انجام تمرینات مقاومتی است که اثرات مطلوبی بر بسیاری از جنبه‌های سلامت سالمندان دارد [۹]. تمرینات مقاومتی باعث ایجاد سازگاری‌های مثبتی در افراد مسن می‌شود و از این طریق اثرات مخرب افزایش سن را کاهش می‌دهد. تعریف شدتی از بار برای کسب هایپرتروفی[1] یا پرسازی با توجه به یافته‌های تحقیقات مشکل است. مثلاً نتایج ۱۲ هفته تمرین قدرتی در شدت بالا (۸۰-۷۵ درصد یک تکرار بیشینه)

1. Hypertrophy

* نویسنده مسئول:
دکتر عصمت رشیدی
نشانی: سبزوار، دانشگاه حکیم سبزواری، دانشکده علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی و مدیریت ورزشی.
تلفن: ۱۳۶۳۶۳۳ (۹۱۵) ۹۸+
پست الکترونیکی: smat_rashidi@yahoo.com

در مقایسه با شدت پایین (۵۰-۳۰ درصد یک تکرار بیشینه) در نمونه‌های تمرین‌نکرده (صرف نظر از جنس و سن) تفاوتی در سطح مقطع عضله نشان نداد [۱۰]. هرچند برخی تحقیقات نشان داده‌اند بارهای با شدت پایین (۸۰-۴۰ درصد یک تکرار بیشینه) نسبت به بارهای با شدت بالا (۹۰ درصد یک تکرار بیشینه)، باعث افزایش بیشتری در سطح مقطع تار عضله مردان بزرگ‌سال می‌شوند [۱۱، ۱۲].

بر اساس نظر ورن بوم[2] شدت تمرین که برای تحریک رشد عضله ضروری است، باید بیشتر از ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه باشد [۱۳]. درحالی‌که برخی پیشنهاد کرده‌اند حداکثر رشد زمانی رخ می‌دهد که شدت تمرین بین ۸۰ تا ۹۵ درصد یک تکرار بیشینه باشد [۱۴]. اگر چه اخیراً تحقیقاتی نشان دادند که شدت‌های تمرین پایین مثل ۳۰ درصد یک تکرار بیشینه نیز، زمانی که تا حد خستگی ارادی در مردان تمرین‌نکرده اجرا شود، برای تحریک سنتز پروتئین عضله و هایپرتروفی مؤثر است [۱۰].

در این راستا مطالعات مطرح کرده‌اند که تکرار اجراشده نزدیک یا تا حد خستگی ارادی با یک بار سبک، به فراخوانی واحدهای حرکتی بیشتر برای حفظ تنش عضله منجر می‌شود و بنابراین تحریکات را برای هایپرتروفی و قدرت عضله افزایش می‌دهد [۱۵]. درواقع بر اساس نظر کارپینلی[3]، تا زمانی که حداکثر تلاش صورت نگیرد، مقاومت خارجی استفاده‌شده برای سازگاری عصبی عضلانی اهمیت کمی دارد. حداکثر تلاش در انتهای یکسری تکرار به دست می‌آید، یعنی زمانی که آزمودنی دیگر قادر نباشد حرکت دیگری را اجرا کند. تمرین ناشی از نوع استقامت که در آن تکرار زیاد ولی بار کم است و تا حداکثر تلاش انجام می‌شود، جایگزینی برای فراخوانی بهینه واحد حرکتی است.

مطالعات قبلی نشان دادند در شرایطی که عضله خسته است، فعالیت واحد حرکتی افزایش یافته و به افزایش فعالیت واحدهای حرکتی با آستانه بالاتر که تارهای نوع دو را عصب‌دهی می‌کنند، منجر می‌شود. مدارکی وجود دارد که این تمرینات می‌تواند در کسب قدرت و هایپرتروفی عضلانی مؤثرتر باشد [۱۸-۱۶]. به عنوان مثال بورد[4] و همکاران گزارش کردند اجرای تمرین مقاومتی در ۳۰ درصد یک تکرار بیشینه تا حد خستگی به همان اندازه تمرین مقاومتی در ۹۰ درصد یک تکرار بیشینه برای تحریک سنتز پروتئین عضلانی و سیگنالینگ آنابولیک مؤثر است [۱۹]. در همین راستا میشل[5] و همکاران در یک مطالعه ۱۰هفته‌ای در افراد جوان نشان دادند تمرین مقاومتی اکستنشن پا در ۳۰ درصد یک تکرار بیشینه اندازه عضله را مشابه تمرین در ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه افزایش می‌دهد، هرچند تمرین در ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه برای افزایش قدرت یک تکرار بیشینه برتری داشت [۲۰].

اوگاساوارا و همکاران نیز نشان دادند شش هفته تمرین مقاومتی پرس سینه در مردان جوان تمرین‌نکرده، در ۳۰ درصد یک تکرار بیشینه موجب هایپرتروفی برابر می‌شود با آنچه که در ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه مشاهده شده است. اما ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه برای افزایش قدرت ایزومتریک و یک تکرار بیشینه برتر بود [۲۱]. همچنین در یک تحقیق دیگر مشخص شد تمرین ۳۵-۲۵ تکرار بیشینه برای افزایش اندازه عضله به همان اندازه ۱۲-۸ تکرار بیشینه مؤثر است. هرچند ۱۲-۸ تکرار بیشینه برای یک تکرار بیشینه اسکات پشت در مردان تمرین‌نکرده مؤثرتر بود [۲۲].

بخشی از هایپرتروفی و کسب قدرت در عضله مربوط به سیستم غدد درون‌ریز است. اما با وجود اثرات مثبت فعالیت مقاومتی در سلامت فیزیولوژیک عضله اسکلتی افراد سالمند، تحقیقات محدودی در زمینه تأثیر فعالیت مقاومتی بر مهم‌ترین هورمون‌ها و عوامل رشدی درگیر در این افراد مانند (تستوسترون، IGF-1 IGFBP-3[6]) صورت گرفته است. در این تحقیقات محدود صورت گرفته نتایج متناقضی نیز گزارش شده است. مثلاً کاسیلهاس[7] و همکاران نشان دادند که فعالیت مقاومتی موجب افزایش معناداری در میزان IGF-1 سرم در مردان سالمند می‌شود [۲۳]. اما نیندل[8] و همکاران گزارش کردند که فعالیت مقاومتی تأثیر معناداری بر میزان تغییر IGF-1 در مردان سالمند ندارد [۲۴]. در حالی که برخی تحقیقات کاهش IGFBP-3 را بعد از تمرین طولانی‌مدت مقاومتی گزارش کردند [۲۵، ۲۶]، ایزوکواردو[9] در تحقیق خود افزایش آن را نشان داد [۲۷]. در تحقیق ایزوکواردو مشخص شد که ۱۱ هفته تمرین مقاومتی تا حد خستگی، باعث افزایش IGFBP-3 می‌شود، در حالی که IGF-1 کاهش می‌یابد.

در تحقیقی دیگر، کاترین[10] و همکاران نشان دادند ۱۵ هفته تمرین مقاومتی باعث کاهش IGF-1 شده و تأثیری بر IGFBP-3 ندارد [۲۸]. اما تی‌سایی[11] و همکاران نشان دادند ۱۲ ماه تمرین مقاومتی در مردان مسن، باعث افزایش سطح IGF-1 می‌شود [۲۹]. در تحقیقی که وست[12] و فیلیپ روی مردان تمرین‌نکرده انجام دادند، همبستگی معنی‌داری بین هورمون رشد، تستوسترون و IGF-1 و تغییرات توده عضله بدن یافت نشد [۳۰]. علاوه بر این

2. Wernbom
3. Carpinelli
4. Burd
5. Mitchell

6. Insulin-like Growth Factor Binding Protein-3
7. Cassilhas
8. Nindl
9. Izquierdo
10. Kathryn
11. Tsai
12. West

ویلکینسون[13] و همکاران افزایش معنی‌داری در هایپرتروفی در نتیجه تمرین مشاهده کردند، در حالی که از لحاظ سیستمیک تغییری در هورمون رشد، تستوسترون و IGF-1 مردان جوان تمرین‌نکرده به وجود نیامد [۳۱]. در تحقیق دیگر مشخص شد ارتباطی بین افزایش هورمون‌های آنابولیک (تستوسترون، هورمون رشد و IGF-1) ناشی از تمرین و هایپرتروفی تار عضله بعد از ۱۶ هفته تمرین مقاومتی وجود ندارد [۲۰].

حال آنکه تغییرات هورمون‌ها و عوامل رشدی از جمله IGF-1، IGFBP-3 و تستوسترون برای بررسی تأثیرگذاری تمرینات مقاومتی در بارهای مختلف بر هایپرتروفی عضلانی مؤثر است و نیز با توجه به اینکه اکثر تحقیقاتی که تمرین مقاومتی را تا سرحد خستگی اجرا کردند، در افراد جوان و بیشتر روی مردان صورت گرفته است، بنابراین در مطالعه حاضر به تأثیر اجرای هشت هفته برنامه تمرین مقاومتی در شدت‌های ۳۰ و ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه تا سرحد خستگی بر IGFBP-3 ، IGF-1 ، تستوسترون و عملکرد زنان سالمند توجه شده است.

روش مطالعه

این تحقیق از نوع مطالعات نیمه‌تجربی و از لحاظ هدف کاربردی بوده و شامل پیش‌آزمون، پس‌آزمون با دو گروه آزمایش و یک گروه کنترل است. این تحقیق در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی سبزوار به تأیید رسیده است.

نمونه‌ها: تعداد ۲۸ نفر از زنان سالمند شهرستان مشهد (با میانگین و انحراف معیار سن ۲/۵۱±۶۳/۱۴، قد ۶/۴۷±۱۵۵/۸۸ سانتی‌متر، وزن ۰/۹۵±۶۹/۳۹ کیلوگرم) که وضعیت سلامت آن‌ها از طریق پرسش‌نامه پیشینه تندرستی بررسی شد و دارای سلامت عمومی و قلبی‌عروقی، توانایی حضور در جلسات تمرینی، پذیرش تست‌های مورد نیاز بودند، دارو مصرف نمی‌کردند و به بیماری‌های خاص و بیماری‌های شدید ارتوپدیک مبتلا نبودند. این گروه به صورت تصادفی انتخاب شدند. آزمودنی‌ها در سه گروه شامل ۱۲ نفر در گروه آزمایش با بار کم (RT+LL[14]) (۳۰ درصد یک تکرار بیشینه (۳۰٪1RM[15])، هشت نفر در گروه آزمایش با بار زیاد (RT+HL[16]) (۸۰ درصد یک تکرار بیشینه (۸۰٪1RM)) و هشت نفر در گروه کنترل قرار گرفتند. اطلاعات مربوط به پژوهش به صورت میدانی و آزمایشگاهی جمع‌آوری شد.

هریک از آزمودنی‌های گروه تمرین، در برنامه ورزشی هشت‌هفته‌ای، سه جلسه در هفته شرکت کردند. برنامه یک جلسه تمرین شامل مرحله گرم‌کردن (به مدت ۱۵ دقیقه)، بدنه اصلی تمرین (یک گروه تمرینات مقاومتی با بار زیاد (۸۰ درصد یک تکرار بیشینه) و یک گروه تمرینات مقاومتی با بار کم (۳۰ درصد یک تکرار بیشینه)) و مرحله سردکردن (به مدت ۱۰ دقیقه) بود. تمرینات مقاومتی شامل حرکات پرس‌سینه، پرس سرشانه، کشش جانبی از پهلو، بازکردن زانو، خم‌کردن زانو، خم‌کردن آرنج، بازکردن آرنج و درازونشست بود. هر دو گروه تمرینات را تا حد خستگی اجرا می‌کردند. حداقل تعداد تکرار برای گروه با بار کم ۲۰ تکرار و برای گروه با بار زیاد ۸ تکرار بود. برای رعایت اصل اضافه‌بار پس از هر دو هفته، آزمون یک تکرار بیشینه از آزمودنی‌ها گرفته شد تا در صورت پیشرفت، میزان بار اعمال‌شده افزایش یابد. گروه کنترل نیز پس از انجام پیش‌آزمون، هیچ‌گونه تمرین مقاومتی انجام نداد.

برای برآورد حداکثر قدرت، ابتدا آزمودنی با انتخاب وزنه‌های بسیار سبک خود را گرم کرده و سپس، طبق برآورد خود او، وزنه‌ای انتخاب شد که آزمودنی بتواند حداکثر ۱۰ بار آن را به صورت کامل و صحیح انجام دهد. با جای‌گذاری مقدار وزنه و تعداد تکرارها در فرمول برزیسکی[17] (فرمول شماره ۱) قدرت بیشینه آزمودنی‌ها در حرکت پرس‌سینه و بازکردن زانو برای تعیین حداکثر قدرت بالاتنه و پایین‌تنه به دست آمد. برای اندازه‌گیری یک تکرار بیشینه بالاتنه از پرس‌سینه و برای اندازه‌گیری یک تکرار بیشینه پایین‌تنه از بازکردن زانو استفاده شد [۳۲].

۱.

1RM= مقدار وزنه ÷ ۱/۰۲۷۸ (۰/۰۲۷۸×تعداد تکرارها)

برای اندازه‌گیری متغیرهای عملکردی که شامل قدرت عضلانی پایین‌تنه و استقامت عضلانی بود، به ترتیب از آزمون ۳۰ ثانیه نشستن و برخاستن از روی صندلی و آزمون دو دقیقه گام‌برداشتن استفاده شد [۳۳]. متغیرهای عملکردی قبل و بعد از هشت هفته تمرین از آزمودنی‌ها گرفته شد.

به منظور اندازه‌گیری فاکتورهای بیوشیمیایی، از آزمودنی‌ها خواسته شد یک روز قبل از خون‌گیری، هیچ‌گونه فعالیت ورزشی انجام ندهند. خون‌گیری بین ساعت هفت تا نه صبح در آزمایشگاه اجرا شد. از سیاه‌رگ دست چپ هر آزمودنی در وضعیت نشسته و در حالت استراحت ۵ میلی‌لیتر، به صورت ناشتا (۱۲ ساعت) قبل و بعد از هشت هفته تمرین برای اندازه‌گیری عوامل مدنظر (IGF-1، IGFBP-3 و تستوسترون) خون نمونه وریدی گرفته شد. برای اندازه‌گیری IGF-1 از کیت آزمایشگاهی انسانی مدیاگنوست[18] ساخت کشور آلمان با حساسیت ۰/۰۹ نانوگرم در میلی‌لیتر، برای اندازه‌گیری IGFBP-3 از کیت آزمایشگاهی انسانی Me-diagnost ساخت کشور آلمان با حساسیت ۰/۰۳ نانوگرم در میلی‌لیتر و برای اندازه‌گیری تستوسترون از کیت آزمایشگاهی

13. Wilkinson
14. Resistance Training With Low Load
15. One Repet Max
16. Resistance Training With High Load
17. Berzisky
18. Mediagnost

انسانی[19] ساخت کشور آلمان با حساسیت ۰/۱۸ نانوگرم در میلی‌لیتر استفاده شد. همه عوامل بیوشیمیایی به روش الایزا اندازه‌گیری شدند.

در این پژوهش از آزمون نرمالیتی شاپیروویلک برای بررسی نرمال‌بودن داده‌ها و از آزمون تی‌زوجی در پیش‌آزمون و پس‌آزمون جهت بررسی تفاوت بین‌گروهی در هر گروه استفاده شد. برای تعیین اختلاف بین‌گروهی از تحلیل واریانس یک‌طرفه و جهت تعیین جایگاه اختلاف از آزمون تعقیبی بنفرونی استفاده شد. میزان خطا در همه موارد ۰/۰۵ در نظر گرفته شد (P≤۰/۰۵).

یافته‌ها

نتایج پژوهش نشان داد تمرین تأثیر معنی‌داری بر تستوسترون، IGF-1 و IGFBP-3 آزمودنی‌ها نداشت (P>۰/۰۵). هر دو نوع تمرین با بار کم و بار زیاد باعث افزایش معنی‌داری در قدرت عضلانی پایین‌تنه و استقامت عضلانی شد (P<۰/۰۵)، و بین دو گروه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (P>۰/۰۵) (جدول شماره ۱).

19. LBL International

بحث

این تحقیق به بررسی اثر هشت هفته تمرین مقاومتی با بار کم و بار زیاد تا سرحد خستگی بر IGFBP-3، IGF-1، تستوسترون و عملکرد زنان سالمند پرداخت. یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد هشت هفته تمرین مقاومتی با بار کم و بار زیاد تا سرحد خستگی تأثیر معناداری بر IGFBP-3، IGF-1 و تستوسترون نداشت. نتایج تحقیق همچنین نشان داد هر دو نوع تمرین باعث افزایش معنادار قدرت عضلانی پایین‌تنه و استقامت عضلانی زنان سالمند شده و تفاوت معنی‌داری بین دو گروه وجود ندارد.

در همین راستا فاتوروس[20] و همکاران اکتساب قدرت به طور مشابه در هر دو گروه تمرین سنتی و شدت پایین در افراد مسن را نشان دادند [۳۴]. همچنین میشل و همکاران، اوگاساوارا و همکاران و اشنفیلد[21] و همکاران در مطالعات خود که روی مردان جوان انجام داده بودند، نشان دادند تمرین در ۳۰ و ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه موجب افزایش قدرت و هایپرتروفی می‌شود،

20. Fatouros
21. Schoenfeld

جدول۱. تغییرات بین‌گروهی و درون‌گروهی متغیرهای پژوهش

متغیرها	مرحله	میانگین±انحراف معیار			P بین‌گروهی
		RT+LL	RT+HL	کنترل	
IGF-1 (ng/ml)	پیش‌آزمون	۱۴۱±۵۶/۹۳	۱۸۰/۷۵±۴۹/۶۳	۱۵۷±۱۲۴/۷۸	۰/۸۶
	پس‌آزمون	۱۸۳±۷۰/۸۸	۱۶۵/۷۵±۳۵/۱۵	۱۸۴±۱۱۳/۷۲	
	P درون‌گروهی	۰/۰۶	۰/۳۳	۰/۲۶	
IGFBP-3 (ng/ml)	پیش‌آزمون	۳۱۷۷/۵±۶۵۰/۸۸	۳۴۲۱/۹±۶۵۱/۴۶	۳۲۳۵±۷۰۷/۴۶	۰/۷۵
	پس‌آزمون	۳۱۵۶/۲±۶۲۹/۳۱	۳۴۰۹/۴±۸۹۳/۷۸	۳۱۹۶/۹±۷۸۶/۱۶	
	P درون‌گروهی	۰/۸۸	۰/۹۳	۰/۷۱	
تستوسترون (ng/ml)	پیش‌آزمون	۰/۲۸±۰/۱۰	۰/۳۴±۰/۲۱	۰/۳۷±۰/۰۵	۰/۱۷
	پس‌آزمون	۰/۲۹±۰/۰۹	۰/۲۷±۰/۰۷	۰/۳۵±۰/۰۷	
	P درون‌گروهی	۰/۳۶	۰/۳۷	۰/۵۰	
دو دقیقه گام برداشتن (تعداد)	پیش‌آزمون	۱۲۴/۵۰±۲۶/۳۴	۱۵۲/۸۸±۳۹/۷۶	۹۳/۶۲±۲۳/۶۹	۰/۰۰۱*
	پس‌آزمون	۱۶۸/۱۷±۲۹/۲۰	۱۹۵±/۹۴	۱۰۳/۳۸±۲۵/۳۰	
	P درون‌گروهی	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۴*	۰/۲۶	
نشست و برخاست از صندلی (تعداد)	پیش‌آزمون	۱۱/۲۵±۱/۶۰	۱۱/۳۷±۳/۳۳	۹/۱۲±۲/۱۰	۰/۰۰۱*
	پس‌آزمون	۱۶/۰۸±۳/۱۴	۱۷/۲۵±۳/۶۱	۱۰/۸۷±۲/۷۹	
	P درون‌گروهی	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۲۱*	

*تفاوت معنی‌دار در سطح P<۰/۰۵

ولی تمرین در شدت بالاتر موجب افزایش بیشتر قدرت می‌شود [۲۰-۲۲]. فهس[۲۲] و همکاران نیز در مطالعه خود افزایش مشابهی را در قدرت و استقامت عضلانی سالمندان، در پی برنامه تمرین مقاومتی در گروه تمرین شدت پایین و گروه تمرینی با محدودیت جریان خون گزارش دادند [۳۵]. به علاوه استیل[۲۳] و همکاران در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که تمرین مقاومتی تا سر حد خستگی موجب بهبود آمادگی قلبی تنفسی در هر دو گروه جوان و مسن می‌شود [۳۶].

از آنجا که فراخوانی تار عضلانی بالا و فعالیت تارهای نوع دو برای هایپرتروفی ضروری است، و نیز زمانی که انقباض زیر بیشینه تا حد خستگی اجرا می‌شود، فراخوانی واحدهای حرکتی بیشتر برای تنش عضلانی مناسب، مورد نیاز است، بنابراین تکرار اجراشده نزدیک یا تا حد خستگی ارادی با یک بار سبک، به فراخوانی واحدهای حرکتی بیشتر برای حفظ تنش عضله منجر می‌شود و تحریکات را برای هایپرتروفی و قدرت عضله افزایش می‌دهد [۱۵]. دلیل اصلی افزایش استقامت عضلانی را می‌توان تعداد تکرارهای زیاد در هر ست (که لازمه افزایش استقامت عضلانی است) عنوان کرد. همچنین به لحاظ تئوری و منطقی، استقامت عضلانی به طور پیش‌بینی‌پذیری در نتیجه افزایش قدرت، بهبود می‌یابد [۳۷].

همچنین تحقیق حاضر نشان داد هشت هفته تمرین مقاومتی با بار کم و بار زیاد تأثیر معنی‌داری بر تستوسترون، IGF-1 و IGFBP-3 ندارد. با توجه به نتایج مشخص شد تمرین با بار کم باعث افزایش بیشتری در تستوسترون و IGF-1 آزمودنی‌ها شده، هرچند این تغییرات معنی‌دار نیست. در راستای تحقیق حاضر، ریبریو[۲۴] و همکاران نشان دادند هشت هفته تمرین مقاومتی در ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه، تأثیری بر تستوسترون و IGF-1 زنان سالمند ندارد. همچنین آن‌ها افزایش قدرت عضلانی در حرکات پرس‌سینه و اکستنشن زانو را مشاهده کردند که با تحقیق حاضر همخوانی دارد [۳۸]. علاوه بر این هافمن[۲۵] و همکاران تغییر معناداری در IGF-1 زنان سالمند بعد از شش ماه تمرین مقاومتی گزارش نکردند، در حالی که عملکرد عضلانی بهبود یافت [۳۹].

همچنین در تحقیق سو[۲۶] و همکاران، تمرین مقاومتی با کش به مدت ۱۲ هفته، سبب بهبود آمادگی جسمانی مردان و زنان سالمند شد، در حالی که IGF-1 تغییری نکرد [۴۰]. در تحقیق کاترین و همکاران نشان داده شد ۱۵ هفته تمرین مقاومتی در زنان ۳۰ تا ۵۰ سال، تأثیری بر IGFBP-3 ندارد، که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد، اما آن‌ها نشان دادند تمرین باعث کاهش IGF-1 می‌شود [۲۸]. همچنین کرامر و همکاران در تحقیق خود که شامل ۱۰ هفته تمرین مقاومتی‌توانی در ۴ ست با ۱۰ تکرار بیشینه و ۹۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها بود، افزایش تستوسترون تام و قدرت اسکات در مردان مسن را نشان دادند [۷].

احتمالاً یکی از دلایل افزایش‌نیافتن تستوسترون در تحقیق حاضر، جنسیت آزمودنی‌های پژوهش بود، چراکه در زنان سطوح تستوسترون پایه بسیار پایین است [۴۱]. همچنین مدارکی وجود دارد که سطح التهاب مزمن بر محور GH/IGF-1 اثر گذاشته و آن را سرکوب می‌کند. با توجه به تئوری التهاب، سطح بالاتری از سیتوکین‌های التهابی با پیری یافت می‌شود. بنابراین می‌توان گفت افزایش سطوح تسهیل‌کننده‌های ضدالتهابی، موجب کندشدن افزایش IGF-1 می‌شود [۳۹]. همچنین در تحقیق حاضر تغییرات سرمی عوامل رشدی و هورمونی اندازه‌گیری شد تا بررسی شود که آیا تغییر در متغیرهای عملکردی به دلیل تغییر در سطح گیرنده‌های این عوامل است که فرایندهای آنابولیک را تقویت می‌کند؟ از دیگر دلایل تغییر در قدرت عضلانی، می‌توان به تغییر در سایر هورمون‌های آنابولیک مانند هورمون رشد و انسولین اشاره کرد که در این تحقیق اندازه‌گیری نشد. از طرفی دیگر تفاوت تحقیقات در مواردی مانند نوع برنامه تمرینی، مدت زمان تمرین و یا روش‌ها و دقت وسایل اندازه‌گیری، می‌تواند از دیگر دلایل عدم همخوانی نتایج باشد.

با توجه به اینکه در تحقیق حاضر تمرین مقاومتی با بار کم موجب تغییر معنادارعملکرد عضلانی و نیز تغییرات مثبت اما نه معنادار در برخی عوامل بیوشیمیایی مرتبط با قدرت و هایپرتروفی عضلانی در زنان سالمند شد، و نیز با توجه به نتایج دیگر تحقیقات، می‌توان گفت انجام تمرینات مقاومتی با شدت بالاتر ممکن است نتایج مفیدتری به همراه داشته باشد، اما ممکن است موجب ایجاد فشار زیاد به سیستم عضلانی‌اسکلتی و قلبی‌عروقی شده و علاوه بر بروز برخی عواقب ناخوشایند، باعث دل‌زدگی و ترک تمرینات از سوی سالمندان شود [۴۲]. استفاده از بارهای سبک برای سالمندان خود سبب ایجاد انگیزه برای اجرای تمرینات مقاومتی در این گروه می‌شود و نیز در سالمندانی که اعتمادبه‌نفس کمتری برای استفاده از بارهای سنگین دارند، مفید است. از طرفی دیگر استفاده از بارهای سبک، امکان اجرای این تمرینات را در فضایی غیر از سالن ورزشی، مانند خانه و محیط کار فراهم کرده و پایبندی به ورزش را بهبود می‌بخشد [۴۳]. از این رو اگر هدف هایپرتروفی و کسب قدرت است، تمرینات با بار کم تا سر حد خستگی می‌تواند جایگزین مناسبی برای تمرینات مقاومتی سنگین باشد.

نتیجه‌گیری نهایی

این مطالعه نشان داد تمرین مقاومتی با بار کم تا سرحد خستگی باعث افزایش قدرت و استقامت عضلانی می‌شود.

22. Fahs
23. Steele
24. Ribeiro
25. Hofmann
26. So

بنابراین پیشنهاد می‌شود در جاهایی که امکان استفاده از تمرین مقاومتی با بار بالا نیست، مثل توان‌بخشی آسیب، بیماری‌های مزمن یا ضعف جسمی، از تمرین مقاومتی با بار کم استفاده شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این تحقیق در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی سبزوار به تأیید رسیده است.

حامی مالی

این مقاله از رساله دکتری نویسنده اول، عصمت رشیدی، در گروه فیزیولوژی ورزشی و مدیریت ورزشی، دانکشده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری گرفته شده است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت داشته‌اند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

References

[1] Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European working group on sarcopenia in older people. Age Ageing. 2010; 39(4):412-23. [DOI:10.1093/ageing/afq034] [PMID] [PMCID]

[2] Frontera WR, Hughes VA, Fielding RA, Fiatarone MA, Evans WJ, Roubenoff R. Aging of skeletal muscle: A 12-yr longitudinal study. Journal of Applied Physiology. 2000; 88(4):1321-6. [DOI:10.1152/jappl.2000.88.4.1321] [PMID]

[3] Hughes VA, Frontera WR, Roubenoff R, Evans WJ, Singh MA. Longitudinal changes in body composition in older men and women: Role of body weight change and physical activity. The American Journal of Clinical Nutrition. 2002; 76(2):473-81. [DOI:10.1093/ajcn/76.2.473] [PMID]

[4] Landi F, Calvani R, Cesari M, Tosato M, Martone AM, Bernabei R, et al. Sarcopenia as the biological substrate of physical frailty. Clinics in Geriatric Medicine. 2015; 31(3):367-74. [DOI:10.1016/j.cger.2015.04.005] [PMID]

[5] Douchi T, Iemura A, Matsuo T, Kuwahata T, Oki T, Yoshimitsu N, et al. Relationship of head lean mass to regional bone mineral density in elderly postmenopausal women. Maturitas. 2003; 46(3):225-30.[DOI:10.1016/S0378-5122(03)00195-6]

[6] Copeland JL, Consitt LA, Trembla MS. Hormonal responses to endurance and resistance exercise in females aged 19-69 years. Journal of Gerontology . 2002; 57(4):158-65. [DOI:10.1093/gerona/57.4.B158] [PMID]

[7] Kraemer WJ, Häkkinen K, Newton RU, Nindl BC, Volek JS, McCormick M, et al. Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. Journal of Applied Physiology. 1999; 87(3):982-92.[DOI:10.1152/jappl.1999.87.3.982] [PMID]

[8] Rosen CJ, Conover C. Growth hormone/insulin-like growth factor-I axis in aging: A summary of a National Institutes of Aging-Sponsored Symposium. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 1997; 82(12):3919-22. [DOI:10.1210/jc.82.12.3919]

[9] Phillips SM. Nutritional supplements in support of resistance exercise to counter age-related sarcopenia. Advances in Nutrition. 2015; 6(4):452-60. [DOI:10.3945/an.115.008367] [PMID] [PMCID]

[10] Gonzalez AM, Hoffman JR, Stout JR, Fukuda DH, Willoughby DS. Intramuscular anabolic signaling and endocrine response following resistance exercise: Implications for muscle hypertrophy. Sports Medicine. 2016; 46(5):671-85. [PMID] [PMCID]

[11] Masuda K, Choi JY, Shimojo H, Katsuta S. Maintenance of myoglobin concentration in human skeletal muscle after heavy resistance training. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 1999; 79(4):347-52. [DOI:10.1007/s004210050519] [PMID]

[12] Choi J, Takahashi H, Itai Y, Takamatsu K. The difference between effects of "power-up type" and "bulk-up type" strength training exercises. Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine. 1998; 47(1):119-29.[DOI:10.7600/jspfsm1949.47.119]

[13] Wernbom M, Augustsson J, Thomeé R. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. Sports Medicine. 2007; 37(3):225-64. [DOI:10.2165/00007256-200737030-00004] [PMID]

[14] Fry AC. The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. Sports Medicine. 2004; 34(10):663-79. [DOI:10.2165/00007256-200434100-00004] [PMID]

[15] Barcelos LC, Nunes PR, de Souza LR, de Oliveira AA, Furlanetto R, Marocolo M, et al. Low-load resistance training promotes muscular adaptation regardless of vascular occlusion, load, or volume. European Journal of Applied Physiology. 2015; 115(7):1559-68. [DOI:10.1007/s00421-015-3141-9] [PMID]

[16] Carpinelli RN. The size principle and a critical analysis of the unsubstantiated heavier-is-better recommendation for resistance training. Journal of Exercise Science & Fitness. 2008; 6(2):67-86.

[17] Goto KA, Ishii NA, Kizuka TO, Takamatsu KA. The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2005; 37(6):955-63. [PMID]

[18] Van Roie E, Delecluse C, Coudyzer W. Boonen S, Bautmans I. Strength training at high versus low external resistance in older adults: Effects on muscle volume, muscle strength, and force-velocity characteristics. Experimental Gerontology. 2013; 48(11):1351-61. [DOI:10.1016/j.exger.2013.08.010] [PMID]

[19] Burd NA, West DW, Staples AW, Atherton PJ, Baker JM, Moore DR, et al. 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. [DOI:10.1371/journal.pone.0012033] [PMID] [PMCID]

[20] Mitchell CJ, Churchward-Venne Tyler A, West Daniel WD, Burd Nicholas A, Breen Leigh, Baker Steven K, et al. Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. Journal of Applied Physiology. 2012; 113 (1): 71-77. [DOI:10.1152/japplphysiol.00307.2012] [PMID] [PMCID]

[21] Ogasawara R, Loenneke JP, Thiebaud RS, Abe T. Low-load bench press training to fatigue results in muscle hypertrophy similar to high-load bench press training. International Journal of Clinical Medicine. 2013; 4(2):114-121. [DOI:10.4236/ijcm.2013.42022]

[22] Schoenfeld BJ, Peterson MD, Ogborn D, Contreras B, Sonmez GT. Effects of low- versus high-load resistance training on muscle strength and hypertrophy in well-trained men. The Journal of Strength and Conditioning Research. 2015; 29(10):2954-63. [DOI:10.1519/JSC.0000000000000958] [PMID]

[23] Cassilhas RC, Viana VA, Grassmann V, Santos RT, Santos RF, Tufik S, et al. The impact of resistance exercise on the cognitive function of the elderly. J Med Sci Sports Exerc. 2007; 39 (8): 1401-7. [DOI:10.1249/mss.0b013e318060111f] [PMID]

[24] Nindl BC, Kraemer WJ, Marx JO, Arciero PJ, Dohi K, Kellogg MD, et al. Overnight responses of the circulating IGF-I system after acute, heavy-resistance exercise. Journal of Applied Physiology. 2001; 90(4):1319-26. [DOI:10.1152/jappl.2001.90.4.1319] [PMID]

[25] Elloumi M, El Elj N, Zaouali M, Maso F, Filaire E, Tabka Z, et al. IGFBP-3 a sensitive marker of physical training and overtraining. British Journal of Sports Medicine. 2005; 39(9):604-10. [DOI:10.1136/bjsm.2004.014183] [PMID] [PMCID]

[26] Borst SE, De DH, Garzarella LI, Vincent KE, Pollock BH, Lowenthal DT, et al. Effects of resistance training on insulin-like growth factor-I and IGF binding proteins. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2001; 33(4):648-53.[DOI:10.1097/00005768-200104000-00021] [PMID]

[27] Izquierdo M, Ibanez J, Gonzales Badillo JJ, Hakkinnen K, Ratammes NA, Kraemer WJ, et al. Differential effects of strength training leading to failure not to failure on hormonal responses, strength and muscle power gains. Journal of Applied Physiology. 2006; 100(5):1647-56. [DOI:10.1152/japplphysiol.01400.2005] [PMID]

[28] Schmitz KH, Ahmed RL, Yee D. Effects of a 9-month strength training intervention on insulin, Insulin-like Growth Factor (IGF)-I, IGF-Binding Protein (IGFBP)-1, and IGFBP-3 in 30–50-year-old women. Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers. 2002; 11(12):1597-604.

[29] Tsai CL, Wang CH, Pan CY, Chen FC. The effects of long-term resistance exercise on the relationship between neurocognitive performance and GH, IGF-1, and homocysteine levels in the elderly. Frontiers in Behavioral Neuroscience. 2015; 9:23. [DOI:10.3389/fnbeh.2015.00023]

[30] West DW, Phillips SM. Associations of exercise-induced hormone profiles and gains in strength and hypertrophy in a large cohort after weight training. European Journal of Applied Physiology. 2012; 112(7): 2693-702. [DOI:10.1007/s00421-011-2246-z] [PMID] [PMCID]

[31] Wilkinson SB, Tarnopolsky MA, Grant EJ, Correia CE, Phillips SM. Hypertrophy with unilateral resistance exercise occurs without increases in endogenous anabolic hormone concentration. European Journal of Applied Physiology. 2006; 98(6):546-55. [DOI:10.1007/s00421-006-0300-z] [PMID]

[32] Brzycki MA. Practical approach to strength training. Indianapolis. Shadeland: Blue River Press; 1995.

[33] Jones CJ, Rikli RE. Measuring functional. The Journal on Active Aging. 2002; 1:24-30.

[34] Fatouros I, Kambas A, Katrabasas I, Nikolaidis K, Chatzinikolaou A, Leontsini D, et al. Strength training and detraining effects on muscular strength, anaerobic power, and mobility of inactive older men are intensity dependent. British Journal of Sports Medicine. 2005; 39(10):776-80. [DOI:10.1136/bjsm.2005.019117] [PMID] [PMCID]

[35] Fahs CA, Loenneke JP, Thiebaud RS, Rossow LM, Kim D, Abe T, et al. Muscular adaptations to fatiguing exercise with and without blood flow restriction. Clin Physiol Funct Imaging, 2015; 35(3), 167-76. [DOI:10.1111/cpf.12141] [PMID]

[36] Steele James, Fisher James, Mc Guff Doug, Bruce Low Stewart, Smith Dave. Resistance training to momentary muscular failur improves cardiovascular fitness in humans: A review of acute physiological responses and chronic physiological adaptations. Journal of Exercise Physiology. 2012; 15(3):53-80.

[37] Kraemer WJ, Adams K, A-Dudley G, Dooly C, S-Feigenbaum M, Fleck SJ, et al. Progression models in resistance training for healthy adults. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2009; 41(3):687-708. [DOI:10.1249/MSS.0b013e3181915670] [PMID]

[38] Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, Fleck SJ, Pina FL, Nascimento MA, Cyrino ES. Effects of traditional and pyramidal resistance training systems on muscular strength, muscle mass, and hormonal responses in older women: A randomized crossover trial. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2017; 31(7):1888-96. [DOI:10.1519/JSC.0000000000001653] [PMID]

[39] Hofmann M, Schober-Halper B, Oesen S, Franzke B, Tschan H, Bachl N, et al. Effects of elastic band resistance training and nutritional supplementation on muscle quality and circulating muscle growth and degradation factors of institutionalized elderly women: The Vienna Active Ageing Study (VAAS). European Journal of Applied Physiology. 2016; 116(5):885-97. [DOI:10.1007/s00421-016-3344-8] [PMID] [PMCID]

[40] So WY, Song M, Park YH, Cho BL, Lim JY, Kim SH, et al. Body composition, fitness level, anabolic hormones, and inflammatory cytokines in the elderly: A randomized controlled trial. Aging Clinical and Experimental Research. 2013; 25(2):167-74. [DOI:10.1007/s40520-013-0032-y] [PMID]

[41] Lianne MK, Lauren A, Weiss SW, Graves RP, Gordon H, Williams MA, et al. (2005). Sex differences in the genetic basis of morning serum cortisol levels: Genome-wide screen identifies two novel loci specific to women. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 2005; 90(8):4747-52. [DOI:10.1210/jc.2005-0384] [PMID]

[42] Williams MA, Haskell WL, Ades PA, Amsterdam EA, Bittner V, Franklin BA, et al. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease. Circulation. 2007; 116(5):572-84. [DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.107.185214] [PMID]

[43] Fisher J, Steele J, Smith D. High-and low-load resistance training: Interpretation and practical application of current research findings. Sports Medicine. 2017; 47(3):393-400. [DOI:10.1007/s40279-016-0602-1] [PMID]

This Page Intentionally Left Blank