

## Research Paper

# The Effect of 10 Weeks Core Muscle Training on Levels of Follistatin, Myostatin, and Pain in Elderly Women



Fatemeh Taheri<sup>1</sup>, \*Mehrdad Fathi<sup>2</sup>, Keyvan Hejazi<sup>3</sup>

1. Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Bojnourd Branch, Islamic Azad University, Bojnourd, Iran.
2. Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
3. Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.



**Citation** Taheri F, Fathi M, Hejazi K. [The Effect of 10 Weeks Core Muscle Training on Levels of Follistatin, Myostatin, and Pain in Elderly Women (Persian)]. Quarterly of "The Horizon of Medical Sciences". 2021; 27(2):164-181. <https://doi.org/10.32598/hms.27.2.1970.12>

**doi** <https://doi.org/10.32598/hms.27.2.1970.12>



**Received:** 17 Sep 2020  
**Accepted:** 30 Oct 2020  
**Available Online:** 01 Apr 2021

## ABSTRACT

**Aims** Structural postural changes due to aging are common among the elderly due to decreased muscle mass and tissue. We evaluated the effect of 10 weeks of core muscle training on serum levels of follistatin, myostatin, and pain in older women with low back pain.

**Methods & Materials** A total of 18 older women with low back pain (aged 60 to 70 y) were randomly assigned into two groups: experimental (n=9) and control (n=9). The training program of core muscles included 55 to 60 min sessions, 3 times per week for 10 weeks. Before and after the training, serum follistatin and myostatin, along with pain intensity and lumbar function, were evaluated. The obtained data were analyzed by paired sample t test and Analysis of Covariance (ANCOVA) to compare intragroup and intergroup differences, respectively.

**Findings** Core muscle training led to a significant reduction in the relative pain scale (P=0.001). Follistatin (P=0.001) and myostatin (P=0.001) levels increased and decreased significantly at the end of the training period, respectively. Lumbar function improved in the training group. Changes in means of between groups in relative pain scale, follistatin, myostatin, and lumbar function have a significant difference (P<0.05).

**Conclusion** Core muscle training was associated with a decline in myostatin level, increase in follistatin level, and improving lumbar function. In summary, core muscle training may decrease muscle atrophy related to age.

### Keywords:

Low back pain, Aged, Follistatin, Myostatin

## English Version

### 1. Introduction

C

hanges in skeletal muscle mass are among the inevitable old age problems and are associated with progressive skeletal, muscular weakness [1]. Because of the growth of the elderly population, loss of body mass

and tissue has become significantly more prevalent, which is one of the structural-postural changes due to aging [2]. If muscle mass begins to decline, symptoms of decreased functional independence and back pain will gradually increase with age. This decreasing trend is intensified by having bad habits [3, 4]. However, improving lifestyle such as following a proper diet and exercising are solid and appropriate ways to deal with this erosive process [2, 5]. Many studies have examined muscle changes that occur with age.

### \* Corresponding Author:

Mehrdad Fathi, PhD.

**Address:** Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

**Tel:** +98 (51) 38833910

**E-mail:** mfathei@um.ac.ir

These studies have found that aging is associated with an increase in atrophy and muscle weakness of the lower extremities more than the upper extremities [6]. Also, there is an inverse relationship between aging and the size of the muscles of the central part of the body (abdomen and back) [7].

On the other hand, several studies have shown that muscle weakness is associated with musculoskeletal pain, such as back pain [8]. Because with increasing age, the muscles of the central part of the body, such as the multifidus muscle, become weak and atrophic, and this weakness can cause Low Back Pain (LBP) [9]. Therefore, the decrease in muscle mass during the aging process is an indirect but very influential factor in causing LBP [8]. Besides, losing muscle mass is associated with a decrease in physical function of the elderly, which affects their quality of life [2, 10].

Myostatin is a secretory factor and a member of a large family of secretory growth factors and has a critical negative regulatory role in skeletal muscle growth and homeostasis, which is secreted into the bloodstream as an endocrine agent after expression in skeletal muscle. Myostatin exerts its inhibitory effect (inhibition of proliferation and differentiation of satellite cells) on the surface of muscle cells by binding to the activin receptor and ultimately reducing muscle mass [11]. It has been observed that the expression of myostatin increases during periods of inactivity, and also the inhibition of serum myostatin leads to an increase in strength and muscle mass [12].

Another factor related to muscle mass that can be mentioned is follistatin. It is a single-chain polypeptide with diverse functions and is a member of the large family of growth factor-beta, the largest family of secreted growth factors, differentiation, and homeostasis of the body. This family plays a significant role in regulating and promoting the growth of body tissues [13]. Essential roles of follistatin include neutralizing the actions of growth factor-beta transporter proteins, including myostatin, tissue growth and differentiation, and regeneration and repair of damaged tissues [13].

Recent research has shown that various exercises can increase follistatin and reduce myostatin [14]. Santos et al. examined the effect of eight weeks of resistance training in different ways (including high and low-intensity squats) on the expression of myostatin gene inhibitors in active men. The subjects were grouped in strength training, resistance training, and controls. The researchers concluded that the expression of myostatin signaling pathway inhibitors was increased [15]. Yarahmadi et al. evaluated the effectiveness of core stability exercises on functional disability, dynamic balance, and lumbar-pelvic proprioception in patients with

non-specific chronic LBP and concluded that a significant improvement was observed in functional disability, dynamic balance, and proprioception of the core stability of the exercise group [16]. By examining the effect of 6 to 12 weeks of core stability training on the lumbar joint position sense in 38 patients with LBP, Pantoma et al. concluded that core stability training improved the sense of lumbar joint position and reduced pain and functional disability [17]. Raštegari Moghaddam et al. reported that performing 10 weeks of core stability exercises significantly increased the longitudinal and transverse cross-sectional areas of the multifidus muscle. On the other hand, the subjects' level of pain in the group of core stability exercises in the fifth and tenth weeks compared to the beginning of the intervention was significantly reduced [18]. After studying the effect of eight weeks of elastic band resistance training on serum myostatin and body composition of 26 older women, Vatankhah Khozani et al. concluded that the training significantly reduced the percentage of fat and myostatin level in the intervention group compared to the control group [19].

In summary, very little research has been done on the different forms of exercise, and which exercise method can have the most positive effects on the follistatin and myostatin factors. Regarding the effects of different training methods, especially core stability training exercises, there are still ambiguities about how these exercises affect physiological factors such as follistatin and myostatin. Different exercises can have various effects on the ratio of follistatin to myostatin, anaerobic function, and fatigue index. However, no research has investigated the difference between core stability training exercises on these indicators. Thus, we decided to answer whether core muscle training exercises affect serum follistatin and myostatin, as well as the pain in women with chronic LBP. Therefore, the present study aimed to evaluate the effect of 10 weeks of core muscle training on the levels of follistatin, serum myostatin, and pain in women with chronic LBP.

## 2. Materials and Methods

This research is a quasi-experimental study in which the experimental and control groups were compared with pre-test and post-test. The study population includes older women over 60 years (age range between 60 and 70 years) with chronic low back pain selected by the available and purposive sampling method. In the first stage, women were introduced to the nature and manner of cooperation with the study procedure. The inclusion criteria included chronic low back pain (more than 3 months), age over 55 years, body mass index between 25 and 30 kg/m<sup>2</sup>. The exclusion criteria included pregnancy, specific spinal abnormalities (spondylolysis or spondylolisthesis), lumbar scoliosis with

an angle of more than 10 degrees, severe osteoarthritis of the knee, and severely debilitating diseases. Subjects voluntarily participated in the research based on the study conditions and consciously signed the consent form. The samples were then randomly divided into experimental (n=9) and control (n=9) groups.

To evaluate the body composition, we measured the subjects' height with Seka height meter (made in Germany) with 5-mm precision accuracy. Their hips and waist circumferences were measured with a tape measure (Mabis, Japan) with 5-mm precision accuracy. Finally, we measured their body fat percentage and weight with a precision accuracy of 100 g using a bioelectrical impedance device (model InBody \_720 / South Korea).

All measurements were performed while the subjects had abstained from eating and drinking four hours before the test. So their bladder, stomach, and intestines were empty as much as possible. The subjects were allowed to enter the project after cardiovascular examination, blood pressure measurement, and electrocardiogram registration by a specialist physician.

In this study, the numerical version of the Visual Analog Scale (VAS) was used to estimate the subjects' pain intensity [20]. On the VAS, a horizontal line 100 mm long is presented with two extremes of painless (left) and severe pain (right) on either side of the line. Based on these two extremes, the person marks his pain status on the line. The amount of pain is calculated in millimeters. The interpretation of data obtained from VAS is as follows: the numbers 0-4 mm are painless, 5-44 mm is mild pain, 45-74 mm is moderate pain, and 75-100 mm indicates severe pain [20].

The Back Performance Scale (BPS) was assessed by a 15-point scale (Borg 6-20 points) (five tests). The tests on this scale included wearing socks, picking up paper from the floor, getting out of bed, leaning forward, and lifting a box. Each test had four answers, from simple (zero points) to difficult (3 points). In the test of the wearing sock, the person sits on a high bench so that her feet did not touch the ground. Then, he was asked to raise his feet to her abdomen by bending the knee and grasp the toes with both hands. In the test of picking paper from the ground, a person in a standing position was asked to remove the paper placed on the ground before her. In the getting out of the bed test, the person is asked to lay down and then sit without using her hands. In the leaning forward test, the person should stand with straight knees 10 cm apart and is asked to bring the hands as close to the ground as possible without bending the knees. In the box lifting test, the person should stand before the table with a height of approximately 76 cm and

place a box weighing 5 kg on the floor and back on the table for 1 minute. Then, the number of repetitions was recorded. The maximum score was 15 and represented the person's worst lumbar function, and the minimum score was zero, which represents the best lumbar function.

The exercise activity protocol was also implemented for 10 weeks and included eight types of core ground muscle exercises focusing on isotonic and isometric strengthening of the lumbar and multifidus muscle [18] (Figure 1).

The core muscle exercises were as follows: A, Boat or contraction of the back muscles, without leaning on a chair, B: Deep breathing with chest muscle stretching and contraction of the back muscles without leaning on a chair, C: Isometric contraction in the muscles that open the waist, D: corrected crunches and sit-ups E: Bridge movement, F: lumber extension when lying on the stomach, G: Shoulder flexion and static strengthening of the muscles that stabilize the spine, H: Thigh flexion, In all exercises, remind the subject not to hold her breath and talk to the subjects constantly.

In this study, blood samples were collected 48 hours before the training session and 48 hours after it. The Sampling was performed between 6 and 7 AM after 8 to 10 hours of fasting. About 5 mL of blood were taken from the vein of the subject's left hand in a sitting position and at rest.

To determine the amount of follistatin and myostatin, we used the ELISA method and laboratory kit of follistatin and myostatin (CUSABIO Japan).

The collected data were analyzed by SPSS version 21. After ensuring the normality of the data distribution using the Shapiro-Wilk test and homogeneity of variances by Levene's test, the correlated t test and Analysis of Covariance (ANCOVA) were used to compare intragroup and intergroup changes, respectively. The significance level was considered less than 0.05.

### 3. Results

The characteristics of the experimental and control groups are shown in Table 1. Table 2 shows that the changes of intragroup variables of weight (P=0.1), body mass index (P=0.9), body fat percentage (P=0.5), skeletal muscle mass (P=0.8) did not change significantly at the end of the training period. The relative pain scale (P=0.001) was significantly reduced. Follistatin (P=0.001) and myostatin (P=0.001) levels increased and decreased significantly at the end of the training period, respectively. But in the control group, these changes were not significant (P>0.05). There was a significant difference between the experimental and control

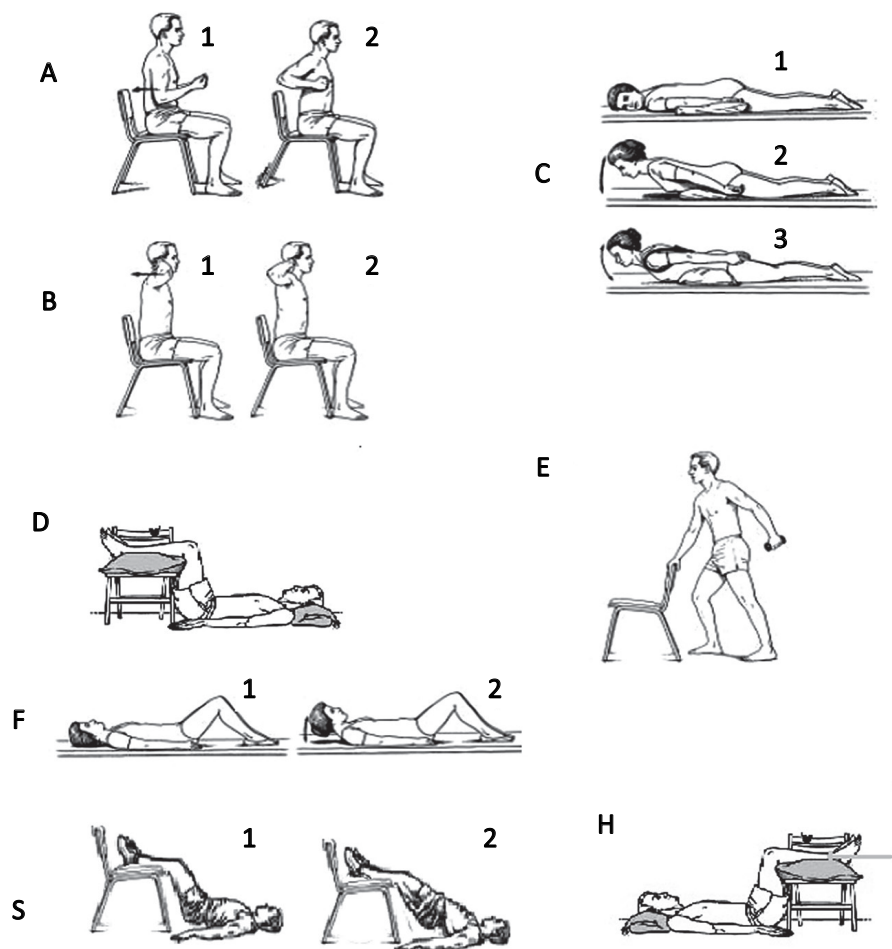


Figure 1. Core stability exercises

groups in the intergroup mean variables regarding relative pain scale, serum follistatin, and myostatin ( $P < 0.05$ ).

The changes in the intragroup means in the tests of rising from the bed ( $P = 0.03$ ), bringing the fingers to the ground ( $P = 0.03$ ), lifting the box ( $P = 0.04$ ), and the total score of lumbar function scales of women with chronic LBP decreased significantly at the end of the study period ( $P = 0.02$ ) (Table 3). Changes in mean intergroup variables in the tests of wearing socks, getting out of bed, bringing fingers to the ground, lifting the box, and total score of lumbar function scales are significantly different between the experimental and control group ( $P < 0.05$ ).

#### 4. Discussion

This study aimed to evaluate the effect of 10 weeks of core muscle training on the levels of follistatin, serum myostatin, and pain in women with chronic LBP. The present study results showed that core muscle training led to a significant increase in follistatin levels and a significant decrease in se-

rum myostatin. Hoffman et al. also reported that three to six months of resistance training and elastic band training with dietary supplementation improved exercise performance and increased follistatin, decreased the ratio of follistatin to activin A, and did not significantly alter myostatin levels [21]. In the study of follistatin changes, the muscle's anabolic response is consistent with previous studies [22, 23]. In other words, due to anabolic resistance and disruption of muscle anabolic signaling pathways, the muscles of the elderly do not respond like the muscles of young people to protein supplements and require more time and protein consumption [22]. More than 80% of protein synthesis after food intake is related to protein consumption and amino acids play an essential role in this process [24]. Follistatin is a positive regulator of muscle growth factor, and various studies have been performed to evaluate changes in this hormone in response to exercise.

After exercise, the levels of activin-follistatin gene expression in rat liver change, and activin mRNA levels decrease [25]. In general, few studies have examined

**Table 1.** Anthropometric characteristics of women with chronic low back pain

Groups	Variables (Mean±SD)				
	Age (y)	Height (cm)	Weight (kg)	Body Mass Index (kg/m <sup>2</sup> )	Percentage of Body Fat (%)
Experimental (9 women)	68.83±2.22	161.46±3.64	66.4±4.53	25.6±4.8	33.8±8.7
Control (9 women)	69.54±3.85	161.21±2.63	66.59±2.32	25.68±3.52	33.59±5.6

Quarterly of  
The Horizon of Medical Sciences

muscle hypertrophy markers in response to core stability exercises in older women with LBP. The cellular and molecular mechanisms that transmit cellular signals, followed by muscle growth, are not yet fully disclosed. Exercise-induced muscle contraction is the process of converting a mechanical signal into a series of molecular events. These molecules regulate gene expression, protein synthesis, and protein breakdown by activating specific signaling pathways that include primary and secondary messengers, followed by muscle cell adaptation [26]. Primary messengers who initiate cascading processes include calcium current,

redox potential, stretching, phosphorylation potential, and mechanical tensions. Muscle tension alone and independent of the increase in contractile activity can also stimulate protein synthesis through several pathways. Extracellular matrix stretching activates intracellular signals, leading to changes in gene expression and protein synthesis [27]. According to the results of the present study and previous studies, core stability training by balancing the positive and negative regulators of muscle growth can play a role in improving the physical condition of the elderly. By the decline of muscle growth regulators in old age, the inhibitory role

**Table 2.** Variation of body composition, relative pain scale, and follistatin and myostatin levels in elderly women

Variables	Groups	Mean±SD		Changes																																																																														
		Pre-test	Post-test	Within the Group		Between Groups																																																																												
				t	P	t	P																																																																											
Weight (kg)	Experimental	66.4±4.53	66.68±4.92	1.00	0.1	0.17	0.86																																																																											
	Control	66.59±2.32	66.61±1.87	1.77	0.11			Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	Experimental	25.6±4.8	26.1±3.9	0.114	0.9	-1.3	0.2	Control	25.68±3.52	25.59±2.34	0.466	0.65	Percentage of body fat (%)	Experimental	33.8±8.7	33.06±8.4	0.6	0.5	2.0	0.56	Control	33.59±5.6	33.63±5.7	-0.68	0.51	Skeletal muscle mass (%)	Experimental	28.36±3.9	29.2±1.98	0.1	0.8	1.15	0.26	Control	28.23±2.3	28.1±2.32	-0.13	0.89	Relative scale of pain (Score)	Experimental	6.5±1.378	2.92±1.98	-4.9	0.001 <sup>†</sup>	-3.7	0.002 <sup>†</sup>	Control	6.39±1.11	6.57±1.00	-0.14	0.89	Follistatin (ng/mL)	Experimental	27.8±3.6	63.8±6.4	14.2	0.001 <sup>†</sup>	10.32	0.001 <sup>†</sup>	Control	28.1±5.2	30.5±7.23	0.85	0.41	Myostatin (ng/mL)	Experimental	4.04±0.15	3.53±0.29	5.30	0.001 <sup>†</sup>	4.69	0.001 <sup>†</sup>	Control	4.06±0.18
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	Experimental	25.6±4.8	26.1±3.9	0.114	0.9	-1.3	0.2																																																																											
	Control	25.68±3.52	25.59±2.34	0.466	0.65			Percentage of body fat (%)	Experimental	33.8±8.7	33.06±8.4	0.6	0.5	2.0	0.56	Control	33.59±5.6	33.63±5.7	-0.68	0.51	Skeletal muscle mass (%)	Experimental	28.36±3.9	29.2±1.98	0.1	0.8	1.15	0.26	Control	28.23±2.3	28.1±2.32	-0.13	0.89	Relative scale of pain (Score)	Experimental	6.5±1.378	2.92±1.98	-4.9	0.001 <sup>†</sup>	-3.7	0.002 <sup>†</sup>	Control	6.39±1.11	6.57±1.00	-0.14	0.89	Follistatin (ng/mL)	Experimental	27.8±3.6	63.8±6.4	14.2	0.001 <sup>†</sup>	10.32	0.001 <sup>†</sup>	Control	28.1±5.2	30.5±7.23	0.85	0.41	Myostatin (ng/mL)	Experimental	4.04±0.15	3.53±0.29	5.30	0.001 <sup>†</sup>	4.69	0.001 <sup>†</sup>	Control	4.06±0.18	4.15±0.32	-1.05	0.32										
Percentage of body fat (%)	Experimental	33.8±8.7	33.06±8.4	0.6	0.5	2.0	0.56																																																																											
	Control	33.59±5.6	33.63±5.7	-0.68	0.51			Skeletal muscle mass (%)	Experimental	28.36±3.9	29.2±1.98	0.1	0.8	1.15	0.26	Control	28.23±2.3	28.1±2.32	-0.13	0.89	Relative scale of pain (Score)	Experimental	6.5±1.378	2.92±1.98	-4.9	0.001 <sup>†</sup>	-3.7	0.002 <sup>†</sup>	Control	6.39±1.11	6.57±1.00	-0.14	0.89	Follistatin (ng/mL)	Experimental	27.8±3.6	63.8±6.4	14.2	0.001 <sup>†</sup>	10.32	0.001 <sup>†</sup>	Control	28.1±5.2	30.5±7.23	0.85	0.41	Myostatin (ng/mL)	Experimental	4.04±0.15	3.53±0.29	5.30	0.001 <sup>†</sup>	4.69	0.001 <sup>†</sup>	Control	4.06±0.18	4.15±0.32	-1.05	0.32																							
Skeletal muscle mass (%)	Experimental	28.36±3.9	29.2±1.98	0.1	0.8	1.15	0.26																																																																											
	Control	28.23±2.3	28.1±2.32	-0.13	0.89			Relative scale of pain (Score)	Experimental	6.5±1.378	2.92±1.98	-4.9	0.001 <sup>†</sup>	-3.7	0.002 <sup>†</sup>	Control	6.39±1.11	6.57±1.00	-0.14	0.89	Follistatin (ng/mL)	Experimental	27.8±3.6	63.8±6.4	14.2	0.001 <sup>†</sup>	10.32	0.001 <sup>†</sup>	Control	28.1±5.2	30.5±7.23	0.85	0.41	Myostatin (ng/mL)	Experimental	4.04±0.15	3.53±0.29	5.30	0.001 <sup>†</sup>	4.69	0.001 <sup>†</sup>	Control	4.06±0.18	4.15±0.32	-1.05	0.32																																				
Relative scale of pain (Score)	Experimental	6.5±1.378	2.92±1.98	-4.9	0.001 <sup>†</sup>	-3.7	0.002 <sup>†</sup>																																																																											
	Control	6.39±1.11	6.57±1.00	-0.14	0.89			Follistatin (ng/mL)	Experimental	27.8±3.6	63.8±6.4	14.2	0.001 <sup>†</sup>	10.32	0.001 <sup>†</sup>	Control	28.1±5.2	30.5±7.23	0.85	0.41	Myostatin (ng/mL)	Experimental	4.04±0.15	3.53±0.29	5.30	0.001 <sup>†</sup>	4.69	0.001 <sup>†</sup>	Control	4.06±0.18	4.15±0.32	-1.05	0.32																																																	
Follistatin (ng/mL)	Experimental	27.8±3.6	63.8±6.4	14.2	0.001 <sup>†</sup>	10.32	0.001 <sup>†</sup>																																																																											
	Control	28.1±5.2	30.5±7.23	0.85	0.41			Myostatin (ng/mL)	Experimental	4.04±0.15	3.53±0.29	5.30	0.001 <sup>†</sup>	4.69	0.001 <sup>†</sup>	Control	4.06±0.18	4.15±0.32	-1.05	0.32																																																														
Myostatin (ng/mL)	Experimental	4.04±0.15	3.53±0.29	5.30	0.001 <sup>†</sup>	4.69	0.001 <sup>†</sup>																																																																											
	Control	4.06±0.18	4.15±0.32	-1.05	0.32																																																																													

<sup>†</sup>Statistical significance at the level of P<0.05.

Quarterly of  
The Horizon of Medical Sciences



**Table 3.** Comparison of intragroup and intergroup variance changes in lumbar function subscales of women with chronic low back pain

Variables	Groups	Mean±SD		Changes			
		Pre-test	Post-test	Within the Group		Between Groups	
				t	P	t	P
Test of wearing socks	Experimental	1.5±1.04	1.1±0.83	-2.29	0.05	-1.00	0.01 <sup>†</sup>
	Control	1.55±0.94	1.75±0.9667	-0.35	0.72		
Test for removing paper from the ground	Experimental	1.5±0.8	1.00±0.62	-1.15	0.16	1.64	0.12
	Control	1.45±0.6	1.5±0.51	-1.5	0.16		
Get out of bed test	Experimental	2.17±0.98	1.17±1.1	-4.27	0.03 <sup>†</sup>	-2.54	0.02 <sup>†</sup>
	Control	2.0±0.725	1.95±0.82	0.8	0.44		
Test to bring the fingers to the ground	Experimental	1.33±1.3	0.81±0.67	-4.2	0.03 <sup>†</sup>	-2.13	0.04 <sup>†</sup>
	Control	1.3±1.031	1.05±0.51	1.315	0.22		
Box lifting test	Experimental	2.33±0.51	1.5±0.54	4.00	0.04 <sup>†</sup>	-2.35	0.03 <sup>†</sup>
	Control	2.3±0.47	2.25±0.78	0.00	1.00		
Total score (percentage)	Experimental	58.5±15.9	33.3±13.3	4.64	0.02 <sup>†</sup>	-3.19	0.01 <sup>†</sup>
	Control	53.3±10.0	50.3±8.8	0.61	0.55		

<sup>†</sup>Statistically significance at the level of P<0.05.

Quarterly of  
The Horizon of Medical Sciences

of negative regulators, including myostatin, is more prominent [19]. Of course, it is also worth considering that older people have mobility limitations due to the problems created in the physiological and physical condition; therefore, applying the exercise load and maintaining the training duration face limitations that the use of this type of exercise can help these people more. Therefore, this type of training intervention helps rehabilitation and sports programs for the elderly [17].

The present study results showed that core stability exercises lead to a significant reduction in the degree of pain and improved lumbar function in older women with chronic LBP. In the study of chronic LBP changes in older women, the multifidus muscle plays a stabilizing role in the spine and prevents the spine from bending. As we know, multifidus muscle atrophy is associated with low back pain [28]. The multifidus muscle is in a confined anatomical position. It is surrounded on both sides by transverse and shock-absorbing processes, and its volume and hypertrophy can increase only from transverse and superficial directions. This is the reason for the triangular shape of this muscle [29]. The cross-sectional area of the multifidus muscle decreases with age, and if this muscle atrophy is compensated, chronic low back pain in older women can be reduced.

In studying the cause of chronic LBP, several etiologies have been stated, including a atrophy, loss of strength, and mass of multifidus muscle due to aging [28, 30]. Thus, the weakness of abdominal muscles, deep trunk muscles, and lack of proper control of deep trunk muscles such as multifidus muscle are among the main etiologies [31]. Numerous studies have reported a reduction in LBP in response to exercise [32, 33]. However, the mechanism of this reduction is not well understood. Three theories are proposed to explain the mechanism of pain relief; 1) mechanical theory (increase of core strength and stability), 2) neurological theory (desensitization), and 3) acting theory (classified activity) [34]. In all these theories, exercise is a physical or behavioral tool that reduces the severity of pain and disability due to low back pain [34]. In mechanical theory, core stability exercise was performed for 10 weeks, and only after five weeks, the pain decreases significantly. Also, from the perspective of physiological adaptation to sports activity, neuronal adaptation, which is the first response of the neuromuscular system to sports activity [35], can be responsible for increasing strength and subsequently reducing chronic LBP in older women [22, 36]. Contradictory results are likely to be due to differences in the participants' physiological conditions, health, duration, type and intensity of exercise, and nutritional status. Since this study had

many limitations, including various diets, different adaptive responses to physical activity, a small number of subjects due to the withdrawal of some of them from participating in the present study, and individual differences, caution should be observed in interpreting the results.

## 5. Conclusion

In general, core muscle exercises led to a significant reduction in the relative intensity of pain. Follistatin and myostatin levels increased and decreased significantly at the end of the training period, respectively. The low back function also improved in older women with chronic LBP at the end of the training. However, due to the importance of physical activity in preventing and treating many pains, experts recommend exercise counseling to treat chronic back pain. Besides, exercise increases the strength and social participation of older women. Therefore, these interventions are a good treatment for chronic LBP, which is very common, especially among the elderly.

## Ethical Considerations

### Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Ethics Committee of the Bojnourd University of Medical Sciences (Code: IR.IAU.BOJNOURD.REC.1395.023).

### Funding

The article was extracted from the MA. thesis of the first author at the Department of Sports Physiology, Faculty of Sports Sciences, Islamic Azad University of Bojnourd.

### Authors' contributions

Implementation of the protocol: Fatemeh Taheri and Mehrdad Fathi; Final approval: All Authors; Conceptualization : Mehrdad Fathi; Data analysis, Writing – original draft, and writing – review & editing: Keyvan Hejazi.

### Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

## مقاله پژوهشی

# تأثیر ده هفته تمرینات عضلات مرکزی بر سطوح فولیستاتین، مایوستاتین و میزان درد زنان سالمند

فاطمه طاهری<sup>۱</sup>، \*مهرداد فتحی<sup>۲</sup>، کیوان حجازی<sup>۳</sup>

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، واحد بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی، بجنورد، ایران.
۲. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۳. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

### چکیده

**اهداف:** تغییرات ساختاری - قامتی ناشی از افزایش سن در میان سالمندان به علت کاهش توده عضلانی و از دست رفتن بافت عضله رایج است. هدف از انجام این پژوهش، بررسی تأثیر ده هفته تمرینات عضلات مرکزی بر سطوح فولیستاتین، مایوستاتین سرمی و میزان درد زنان سالمند مبتلا به کمر درد مزمن بود.

**مواد و روش ها:** هجده زن سالمند مبتلا به کمر درد مزمن با دامنه سنی بین شصت تا هفتاد سال به صورت تصادفی در دو گروه آزمایش (نه نفر) و کنترل (نه نفر) قرار گرفتند. برنامه تمرین عضلات مرکزی شامل ده هفته، هر هفته سه جلسه و هر جلسه به مدت ۵۵ تا ۶۰ دقیقه انجام شد. پیش و پس از پایان دوره تمرین نمونه‌های خونی فولیستاتین، مایوستاتین سرمی، میزان شدت درد و عملکرد کمر اندازه‌گیری شد. آزمون تی همبسته و آنالیز کوواریانس (ANCOVA) برای مقایسه تغییرات درون گروهی و بین گروهی به ترتیب استفاده شد.

**یافته‌ها:** تمرین عضلات مرکزی منجر به کاهش معنادار درد شد ( $P=0/001$ ). سطوح فولیستاتین ( $P=0/001$ ) و مایوستاتین ( $P=0/001$ ) در پایان دوره تمرینی به ترتیب افزایش و کاهش معنادار یافت. عملکرد کمر در گروه تمرین بهبود یافت. تغییرات میانگین‌های بین گروهی در متغیرهای مقیاس نسبی درد، فولیستاتین، مایوستاتین سرمی و عملکرد کمر تفاوت معنادار دارد ( $P<0/05$ ).

**نتیجه‌گیری:** تمرین عضلات مرکزی با افزایش فولیستاتین و کاهش مایوستاتین سرمی و بهبود عملکرد کمر همراه بود. به طور خلاصه، ممکن است تمرین عضلات مرکزی موجب کاهش آتروفی عضلانی وابسته به سن شود.

تاریخ دریافت: ۲۷ شهریور ۱۳۹۹  
تاریخ پذیرش: ۰۹ آبان ۱۳۹۹  
تاریخ انتشار: ۱۲ فروردین ۱۴۰۰

### کلیدواژه‌ها:

کمر درد، سالمندی، فولیستاتین، مایوستاتین

## مقدمه

رژیم غذایی مناسب و انجام فعالیت ورزشی، ابزارهای قوی و مناسبی برای مقابله با این روند فرسایشی به حساب می‌آیند [۵، ۲].

مطالعات بسیاری به بررسی تغییرات عضلانی همراه با افزایش سن پرداخته‌اند. در این مطالعات مشخص شده که افزایش سن با افزایش روند آتروفی و ضعف عضلانی اندام تحتانی بیش از اندام فوقانی توأم است [۶].

همچنین نشان داده شده است که بین سالمندی و اندازه (توده) عضلات بخش مرکزی بدن (شکم و پشت) رابطه معکوسی وجود دارد [۷]. از طرفی، در مطالعات متعدد بیان شده است که ضعف عضلانی با بروز دردهای عضلانی - اسکلتی نظیر کمر درد همراه است [۸]. زیرا با افزایش سن عضلات بخش مرکزی بدن نظیر عضله چند سر (مولتی‌فیدوس) دچار ضعف و آتروفی شده و این ضعف می‌تواند باعث بروز دردهای کمری شود [۹].

تغییرات توده عضله اسکلتی یکی از مشکلات اجتناب‌ناپذیر سالمندی محسوب می‌شود و همراه با کاهش پیشرونده عضلات اسکلتی است، به طوری که این کاهش با ضعف عضلانی و ناتوانی فرد همراه است [۱]. به علت رشد جمعیت سالمندان بدن با کاهش توده عضلانی و از دست دادن بافت عضله، که از جمله تغییرات ساختاری - قامتی ناشی از افزایش سن است شیوع قابل توجهی پیدا کرده است [۲].

چنانچه توده عضلانی شروع به کاهش کند؛ با افزایش سن، علائمی مبنی بر کاهش استقلال عملکردی و کمر درد بروز خواهد کرد. این روند کاهشی با داشتن عادات نادرست تشدید شده [۳، ۴]، اما راه‌هایی از قبیل بهبود شیوه زندگی نظیر رعایت

\* نویسنده مسئول:

دکتر مهرداد فتحی

نشانی: مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی.

تلفن: ۰۲۸۸۳۳۹۱۰ (۵۱) ۹۸+

پست الکترونیکی: mfathei@um.ac.ir



تبادل پویا و حس عمقی گروه تمرینات ثبات مرکزی مشاهده شد [۱۶]. پانتوما<sup>۱</sup> و همکاران با بررسی تأثیر شش تا دوازده هفته تمرینات ثبات مرکزی بر احساس موقعیت مفصل کمر در ۳۸ بیمار مبتلا به کمر درد به این نتیجه رسیدند که تمرینات ثبات مرکزی منجر به بهبود حس موقعیت مفصل کمر، کاهش درد و ناتوانی عملکردی شد [۱۷].

رستگارمقدم و همکاران گزارش کردند اجرای ده هفته تمرینات ثبات مرکزی باعث افزایش معنادار دو بردار طولی و عرضی عضله مولتیفیدوس، سطح مقطع شد. از طرفی، میزان درد آزمودنی‌ها در گروه تمرینات ثبات مرکزی در دو هفته پنجم و دهم نسبت به شروع آزمایش به طور معناداری کاهش یافت [۱۸].

وطن‌خواه خوزانی و همکاران با بررسی تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی الاستیک باند بر مایوستاتین سرمی و ترکیب بدن ۲۶ زن سالمند به این نتیجه رسیدند که تمرین مقاومتی الاستیک، سبب کاهش معنادار درصد چربی و میزان مایوستاتین گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل شد [۱۹].

به طور خلاصه، در مورد شیوه‌های مختلف ورزشی و اینکه کدام روش تمرینی می‌تواند تأثیرات مثبت بیشتری بر فاکتورهای فولیستاتین و مایوستاتین داشته باشد، تحقیقات بسیار اندک صورت گرفته است.

همچنین، در مورد اثرات شیوه‌های مختلف تمرینی، به‌خصوص تمرینات ثبات مرکزی، هنوز ابهاماتی در مورد چگونگی تأثیرات این گونه تمرینات بر برخی فاکتورهای فیزیولوژیکی مانند فولیستاتین و مایوستاتین وجود دارد.

با توجه به مطالب ذکر شده و اینکه تمرینات مختلف ورزشی می‌توانند تأثیرات متفاوتی بر نسبت فولیستاتین به مایوستاتین، عملکرد بی‌هوازی و شاخص خستگی داشته باشند و اینکه تا به حال تحقیقی در مورد بررسی تفاوت تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بر این شاخص‌ها صورت نگرفته است، در تحقیق حاضر به دنبال پاسخگویی به این سؤال هستیم که آیا فعالیت ورزشی تمرینات عضلات مرکزی بر فولیستاتین و مایوستاتین سرمی و همچنین میزان درد زنان مبتلا به کمر درد مزمن تأثیر دارد یا خیر؟

بنابراین، هدف از پژوهش حاضر تأثیر ده هفته تمرینات عضلات مرکزی بر سطوح فولیستاتین، مایوستاتین سرمی و میزان درد زنان مبتلا به کمر درد مزمن بود.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق از نوع نیمه‌تجربی است با دو گروه آزمایش و کنترل با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون مورد مقایسه قرار گرفتند. جامعه آماری این پژوهش شامل زنان سالمند بالای شصت سال (دامنه

بنابراین می‌توان گفت کاهش توده عضلانی طی روند سالمندی یک عامل غیرمستقیم، اما بسیار تأثیرگذار در ایجاد دردهای کمری است [۸]. به علاوه، کاهش توده عضلانی با کاهش عملکرد عضلاتی و جسمانی افراد سالمند توأم بوده و این کاهش بر کیفیت زندگی افراد سالمند تأثیرگذار است [۱۰، ۲].

مایوستاتین نوعی فاکتور ترشحی و عضو خانواده بزرگ ترشح‌کننده فاکتورهای رشد است و نقش تنظیمی منفی و کلیدی در رشد و هموستاز عضله اسکلتی دارد که به صورت یک عامل درون‌ریز، پس از بیان در عضله اسکلتی به گردش خون ترشح می‌شود.

مایوستاتین در سطح سلول‌های عضلانی با اتصال به گیرنده اکتیوتین تأثیر مهاری خود (مهاری تکثیر و تمایز سلول‌های ماهوارهای) و در نهایت کاهش توده عضلانی را اعمال می‌کند [۱۱]. مشاهده شده است که بیان مایوستاتین هنگام دوره‌های بی‌حرکتی افزایش می‌یابد. همچنین مهار مایوستاتین سرمی به افزایش قدرت و توده عضلانی می‌انجامد [۱۲].

یکی دیگر از عوامل مرتبط با توده عضلانی که می‌توان به آن اشاره کرد فولیستاتین است. فولیستاتین یک پلی‌پپتید تک‌زنجیره‌ای با عملکردی متنوع و یکی از اعضای خانواده‌ی بزرگ فاکتور رشد بتا، بزرگ‌ترین خانواده ترشح‌کننده فاکتورهای رشد، تمایز و هموستازی بدن است.

این خانواده نقش‌های بسیار مهمی را در تنظیم و پیشرفت رشد بافت‌های بدن ایفا می‌کند. از نقش‌های مهم فولیستاتین می‌توان به خنثی‌سازی اعمال پروتئین‌های خانواده انتقال‌دهنده فاکتور رشد بتا، از جمله مایوستاتین، رشد و تمایز بافت‌ها، بازسازی و ترمیم بافت‌های آسیب‌دیده اشاره کرد [۱۳].

با توجه به نقش مهمی که فولیستاتین و مایوستاتین در عضلات اسکلتی ایفا می‌کنند، تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که با تمرینات مختلف ورزشی می‌توان سبب افزایش هورمون فولیستاتین و در نتیجه آن کاهش مایوستاتین شد [۱۴].

در این زمینه، سانتوز<sup>۱</sup> و همکاران با بررسی اثر هشت هفته تمرین مقاومتی به روش‌های مختلف (شامل اجرای اسکات با شدت بالا و پایین) بر بیان مهارکننده‌های ژن مایوستاتین در مردان فعال که در سه گروه تمرین قدرتی، تمرین توانی و کنترل بودند، به این نتیجه رسیدند بیان مهارکننده‌های مسیر سیگنالینگ مایوستاتین افزایش یافت [۱۵].

یاراحمدی و همکاران با بررسی اثربخشی تمرینات ثبات مرکزی بر ناتوانی عملکردی، تعادل پویا و حس عمقی کمری - لگنی بیماران مبتلا به کمر درد مزمن غیر اختصاصی انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که بهبود معناداری در ناتوانی عملکردی،

2. Pantoma

1. Santos

از روی زمین، بلند شدن از روی تخت، خم شدن به جلو و بلند کردن جعبه بود. هر تست دارای چهار جواب از ساده (امتیاز صفر) به مشکل (امتیاز ۳) بود.

در تست جوراب پوشیدن، فرد روی نیمکت بلند طوری که پایش به زمین نرسد نشست و از وی خواسته شد که پایش را با خم کردن زانو به سمت شکم بالا آورده با دو دست انگشتان پا را بگیرد.

در تست برداشتن کاغذ از روی زمین، فرد در حالت ایستاده اقدام به برداشتن کاغذی که روبه‌رویش روی زمین گذاشته شده بود کرد. در تست بلند شدن از روی تخت، فرد به صورت طاق‌باز دراز کشیده و از وی خواسته شد تا بدون استفاده از دست به حالت نشسته در بیاید.

در تست خم شدن به جلو، فرد با زانوهای صاف و فاصله ده سانتی‌متری پاها از یکدیگر ایستاده و تا حد امکان و بدون خم کردن زانو، دست‌ها را به زمین نزدیک می‌کرد. در تست بلند کردن جعبه، فرد روبه‌روی میز به ارتفاع تقریبی ۷۶ سانتی‌متر ایستاده و جعبه‌ای به سنگینی پنج کیلوگرم را به مدت یک دقیقه از روی میز به زمین و مجدداً روی میز قرار می‌داد و تعداد تکرار فرد ثبت می‌شد.

حداکثر امتیاز کسب‌شده معادل پانزده بوده و نمایانگر بدترین وضعیت عملکرد کمری فرد بود و حداقل امتیاز کسب‌شده معادل صفر بود که نمایانگر بهترین وضعیت عملکرد کمر بود.

پروتکل فعالیت ورزشی نیز به مدت ده هفته اجرا شد و شامل هشت نوع تمرین عضلات مرکزی زمینی با تمرکز بر تقویت ایزوتونیک و ایزومتریک عضلات کمر و عضله چندسر کمری بود [۱۸] (تصویر شماره ۱).

برای تمرین عضلات مرکزی نمونه‌های خونی در ۴۸ ساعت پیش از شروع تمرینات و ۴۸ ساعت بعد از جلسه تمرین جمع‌آوری شد. نمونه‌گیری در بین ساعات شش تا هفت صبح، بعد از هشت تا ده ساعت ناشتایی حدود پنج سی‌سی خون در آزمایشگاه از سیاهرگ دست چپ هر آزمودنی در وضعیت نشسته و در حالت استراحت انجام شد.

برای تعیین میزان فولیستاتین و مایوستاتین از روش الیزا و کیت آزمایشگاهی فولیستاتین و مایوستاتین ساخت شرکت کازابایوی ژاپن استفاده شد.

داده‌های جمع‌آوری شده با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ تجزیه و تحلیل شدند. پس از کسب اطمینان از نرمال بودن توزیع نظری داده‌ها با استفاده از آزمون آماری شاپیرو-ویلک و همگنی واریانس‌ها توسط آزمون لون از تی همبسته و آنالیز کوواریانس (ANCOVA) برای مقایسه تغییرات درون گروهی و بین گروهی به ترتیب استفاده شد. سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

سنی بین شصت تا هفتاد سال) دارای کمر درد مزمن که به روش نمونه‌گیری انتخابی در دسترس و هدفدار انتخاب شدند.

در مرحله نخست افراد با ماهیت و نحوه همکاری با اجرای پژوهش آشنا شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل ابتلا به کمر درد مزمن (بیش از سه ماه)، سن بالای ۵۵ سال، نمایه توده بدن بین ۲۵ تا ۳۰ کیلوگرم بر مترمربع بود.

همچنین معیارهای خروج شامل حاملگی، ناهنجاری‌های خاص ستون فقرات (اسپاندیلولیز یا اسپاندیلولیزتیز)، اسکولیوز کمر با زاویه بیش از ده درجه، ابتلا به آرتروز شدید زانو و بیماری‌های شدید ناتوان‌کننده بود.

آزمودنی‌ها بر اساس شرایط تحقیق به صورت داوطلبانه در تحقیق شرکت کرده و فرم رضایت‌نامه را آگاهانه امضا کردند. سپس نمونه‌ها به طور تصادفی در دو گروه آزمایش (نه نفر) و کنترل (نه نفر) دسته‌بندی شدند.

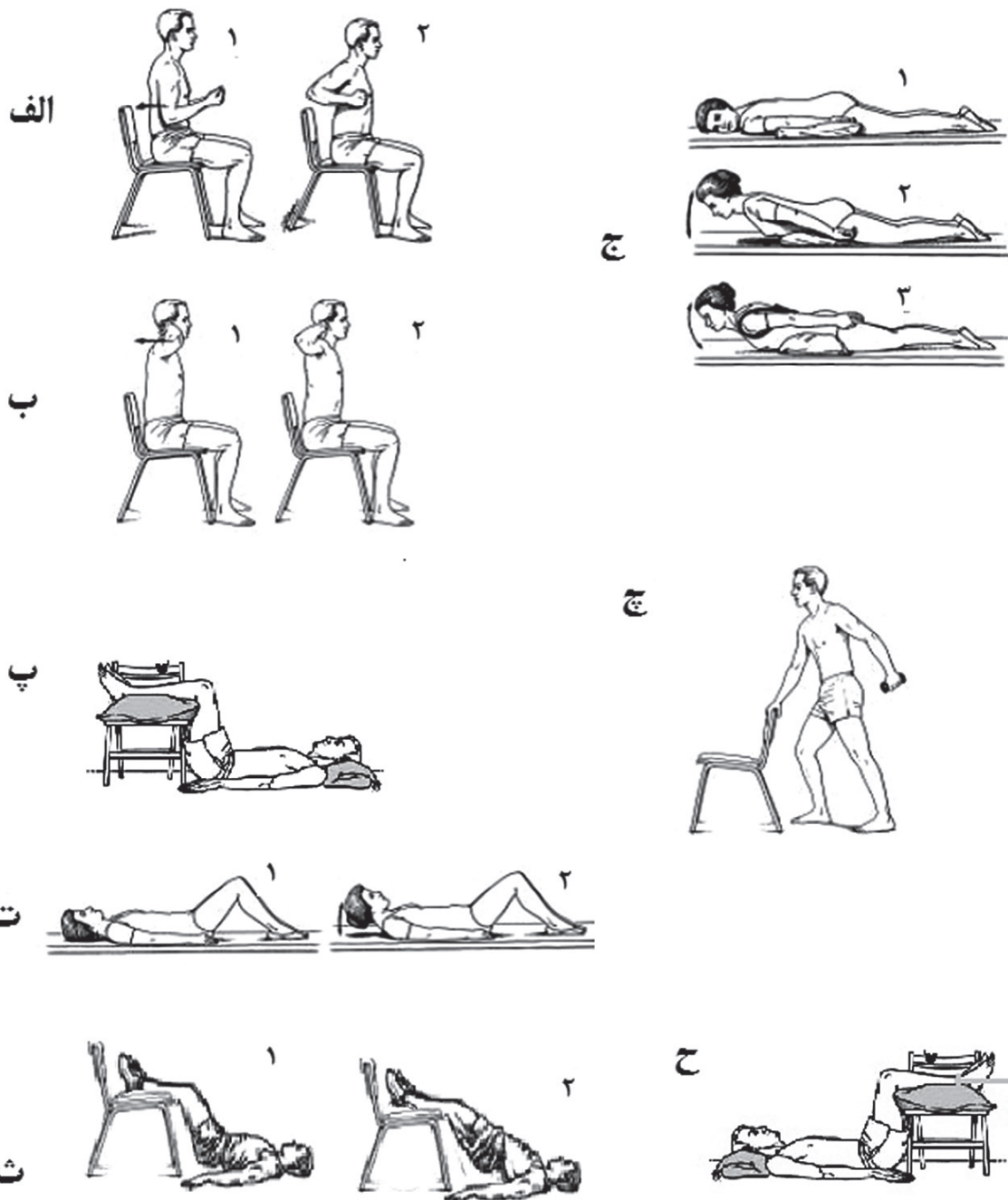
برای ارزیابی ترکیبات بدن به ترتیب قد آزمودنی‌ها با قدسنج سکا<sup>۳</sup> (ساخت آلمان) با دقت پنج میلی‌متر، محیط باسن و کمر با متر نواری (ماییس / ژاپن) با حساسیت پنج میلی‌متر، درصد چربی بدن و وزن با حساسیت صد گرم و با دستگاه بیوالکتریکال ایمپدانس (مدل In body-720 ساخت کره جنوبی) اندازه‌گیری شد.

تمامی اندازه‌گیری‌ها در حالی انجام شد که آزمودنی‌ها از چهار ساعت قبل از آزمون از خوردن و آشامیدن خودداری کرده بودند و حتی الامکان مئانه، معده و روده آنها تخلیه شده بود. آزمودنی‌ها پس از معاینه قلبی - عروقی، اندازه‌گیری فشار خون و ثبت الکتروکاردیوگرام توسط پزشک متخصص، مجوز ورود به طرح را کسب کردند.

در این مطالعه، از نسخه عددی مقیاس آنالوگ بصری (VAS) جهت تخمین (شدت) درد آزمودنی‌ها استفاده شد [۲۰]. در مقیاس آنالوگ بصری (VAS)، خطی افقی به طول صد میلی‌متر با دو تعریف بدون درد (سمت چپ) و درد شدید (سمت راست) در دو طرف خط نوشته شده است. فرد بر اساس این دو تعریف، وضعیت درد خود را روی خط علامت می‌زند.

میزان درد بر حسب میلی‌متر محاسبه می‌شود. تفسیر داده‌های به‌دست‌آمده از VAS، اعداد ۰-۴ میلی‌متر بدون درد، ۵-۴۴ میلی‌متر درد خفیف، ۴۵-۷۴ میلی‌متر درد متوسط و ۷۵-۱۰۰ میلی‌متر نمایانگر درد شدید هستند [۲۰].

عملکرد کمر (BPS) توسط مقیاس پانزده امتیازی (بورگ ۲۰-۶ امتیازی) (پنج تست) بررسی شد. تست‌های مطرح‌شده در این مقیاس به ترتیب شامل جوراب پوشیدن، برداشتن کاغذ



افق دانش

تصویر ۱. تمرینات ثبات مرکزی

الف: قایق یا انقباض عضلات پشتی، بدون تکیه دادن به صندلی؛ ب: تنفس عمیق توأم با کشش عضله سینه‌ای به همراه انقباض عضلات پشتی بدون تکیه دادن به صندلی؛ پ: انقباض ایزومتریک در عضلات بازکننده کمر؛ ت: دراز و نشست اصلاح‌شده؛ ث: حرکت پل؛ ج: اکستنشن کمری در وضعیت دمر (خوابیده به شکم)؛ چ: فلکشن شانه و تقویت استاتیک عضلات پایدارکننده ستون فقرات؛ ح: فلکشن ران، نکته قابل تذکر در تمام تمرینات، گوشزد کردن عدم حبس نفس و صحبت کردن مدام با آزمودنی‌ها بود.

### یافته‌ها

( $P=0/1$ )، نمایه توده بدن ( $P=0/9$ )، درصد چربی بدن ( $P=0/5$ )، توده عضلانی اسکلتی ( $P=0/8$ )، در پایان دوره تمرینی تغییر معناداری پیدا نکرد. مقیاس نسبی درد ( $P=0/001$ ) کاهش معناداری یافت. سطوح فولیستاتین ( $P=0/001$ ) و مایوستاتین

مشخصات آزمودنی‌های گروه آزمایش و کنترل در جدول شماره ۱ نشان داده شده‌اند. نتایج جدول شماره ۲ نشان می‌دهد که تغییرات میانگین‌های درون‌گروهی در متغیرهای وزن

جدول ۱. ویژگی‌های آنتروپومتریک زنان مبتلا به کمر درد مزمن

گروه‌ها	سن (سال)	قد (سانتی متر)	وزن (کیلوگرم)	نمایه توده بدن (کیلوگرم/مترمربع)	درصد چربی بدن (درصد)
تجربی (۹ نفر)	۶۸/۸۳±۲/۲۲	۱۶۱/۴۶±۲/۶۴	۶۶/۴±۴/۵۳	۲۵/۶±۴/۸	۳۳/۸±۸/۷
کنترل (۹ نفر)	۶۹/۵۴±۳/۸۵	۱۶۱/۲۱±۲/۶۳	۶۶/۵۹±۲/۳۲	۲۵/۶۸±۳/۵۲	۳۳/۵۹±۵/۶

### فوق دانش

آزمون رساندن انگشتان به زمین ( $P=0/03$ )، آزمون بلند کردن جعبه ( $P=0/04$ ) و نمره کل از مقیاس‌های عملکرد کمری زنان مبتلا به کمر درد مزمن در پایان دوره کاهش معنادار یافت ( $P=0/02$ ). تغییرات میانگین‌های بین گروهی در متغیرهای آزمون پوشیدن جوراب، آزمون برخاستن از تخت، آزمون رساندن انگشتان به زمین، آزمون بلند کردن جعبه و نمره کل مقیاس‌های عملکرد کمری در بین دو گروه آزمایش و کنترل تفاوت معنادار دارد ( $P<0/05$ ).

( $P=0/001$ ) در پایان دوره تمرینی به ترتیب افزایش و کاهش معنادار یافت، اما در گروه کنترل این تغییرات نیز معنادار نبود ( $P>0/05$ ). تغییرات میانگین‌های بین گروهی در متغیرهای مقیاس نسبی درد، فولیستاتین و مایوستاتین سرمی در بین دو گروه آزمایش و کنترل تفاوت معنادار دارد ( $P<0/05$ ).

بر اساس نتایج جدول شماره ۳، تغییرات میانگین‌های درون گروهی در گویه‌های آزمون برخاستن از تخت ( $P=0/03$ ).

جدول ۲. تغییرات ترکیب بدن، مقیاس نسبی درد و سطوح فولیستاتین و مایوستاتین زنان مبتلا به کمر درد مزمن

متغیرها	گروه‌ها	میانگین ± انحراف استاندارد			
		پیش آزمون		پس آزمون	
		t	P	t	P
وزن (کیلوگرم)	آزمایش	۶۶/۴±۴/۵۳	۶۶/۶۸±۴/۹۲	۱/۰۰	۰/۱
	کنترل	۶۶/۵۹±۲/۳۲	۶۶/۶۱±۱/۸۷	۱/۷۷	۰/۱۱
نمایه توده بدن (کیلوگرم/مترمربع)	آزمایش	۲۵/۶±۴/۸	۲۶/۱±۳/۹	۰/۱۱۴	۰/۹
	کنترل	۲۵/۶۸±۳/۵۲	۲۵/۵۹±۲/۳۴	۰/۴۶۶	۰/۶۵
درصد چربی بدن (درصد)	آزمایش	۳۳/۸±۸/۷	۳۳/۰۶±۸/۴	۰/۶	۰/۵
	کنترل	۳۳/۵۹±۵/۶	۳۳/۶۳±۵/۷	-۰/۶۸	۰/۵۱
توده عضلانی اسکلتی (درصد)	آزمایش	۲۸/۳۶±۳/۹	۲۹/۲±۱/۹۸	۰/۱	۰/۸
	کنترل	۲۸/۲۳±۲/۳	۲۸/۱±۲/۳۲	-۰/۱۳	۰/۸۹
مقیاس نسبی درد (امتیاز)	آزمایش	۶/۵±۱/۳۷۸	۲/۹۲±۲/۲۴	-۴/۹	۰/۰۰۱*
	کنترل	۶/۳۹±۱/۱۱	۶/۵۷±۱/۰۰	-۰/۱۴	۰/۸۹
فولیستاتین (نانوگرم/میلی لیتر)	آزمایش	۲۷/۸±۲/۶	۶۳/۸±۶/۴	۱۴/۲	۰/۰۰۱*
	کنترل	۲۸/۱±۵/۲	۳۰/۵±۷/۲۳	۰/۸۵	۰/۴۱
مایوستاتین (نانوگرم/میلی لیتر)	آزمایش	۴/۰۴±۰/۱۵	۳/۵۲±۰/۲۹	۵/۳۰	۰/۰۰۱*
	کنترل	۴/۰۶±۰/۱۸	۴/۱۵±۰/۳۲	-۱/۰۵	۰/۳۲

\* معناداری در سطح  $P<0/05$

### فوق دانش

جدول ۳. مقایسه تغییرات واریانس درون گروهی و بین گروهی در خرده‌مقیاس‌های عملکرد کمری زنان مبتلا به کمر درد مزمن

تغییرات		میانگین ± انحراف استاندارد				گروه‌ها	متغیرها
بین گروه		درون گروه		پس آزمون	پیش آزمون		
P	t	P	t				
۰/۰۱†	-۱/۰۰	۰/۰۵	-۲/۲۹	۱/۱±۰/۸۳	۱/۵±۱/۰۴	آزمایش	آزمون پوشیدن جوراب
		۰/۷۲	-۰/۳۵	۱/۷۵±۰/۹۶۶۷	۱/۵۵±۰/۹۴	کنترل	
۰/۱۲	۱/۶۴	۰/۱۶	-۱/۱۵	۱/۰±۰/۶۲	۱/۵±۰/۸	آزمایش	آزمون برداشتن کاغذ از زمین
		۰/۱۶	-۱/۵	۱/۵±۰/۵۱	۱/۴۵±۰/۶	کنترل	
۰/۰۲†	-۲/۵۴	۰/۰۳†	-۴/۲۷	۱/۱۷±۱/۱	۲/۱۷±۰/۹۸	آزمایش	آزمون برخاستن از تخت
		۰/۴۴	۰/۸	۱/۹۵±۰/۸۲	۲/۰±۰/۷۲۵	کنترل	
۰/۰۴†	-۲/۱۳	۰/۰۳†	-۴/۲	۰/۸±۰/۶۷	۱/۳۳±۱/۰۰	آزمایش	آزمون رساندن انگشتان به زمین
		۰/۲۲	۱/۳۱۵	۱/۰۵±۰/۵۱	۱/۳±۱/۰۳۱	کنترل	
۰/۰۳†	-۲/۳۵	۰/۰۴†	۴/۰۰	۱/۵±۰/۵۴	۲/۳۳±۰/۵۱	آزمایش	آزمون بلند کردن جعبه
		۱/۰۰	۰/۰۰	۲/۲۵±۰/۷۸	۲/۳±۰/۴۷	کنترل	
۰/۰۱†	-۳/۱۹	۰/۰۲†	۴/۶۴	۳۳/۳±۱۳/۳	۵۸/۵±۱۵/۹	آزمایش	نمره کل (درصد)
		۰/۵۵	۰/۶۱	۵۰/۳±۸/۸	۵۳/۳±۱۰/۰	کنترل	

† معناداری در سطح  $P < 0.05$ 

افتخ دانش

به مکمل‌سازی پروتئین پاسخ نمی‌دهد و نیاز به زمان و مصرف بیشتر پروتئین دارد [۲۲].

## بحث

بیش از ۸۰ درصد سنتز پروتئین پس از دریافت غذا مربوط به مصرف پروتئین بوده و در این بین اسیدهای آمینه نقش مهمی را بر عهده دارند [۲۴]. فولیستاتین فاکتور تنظیم‌گر مثبت رشد عضلاتی بوده، در بررسی تغییرات این هورمون در پاسخ به فعالیت ورزشی مطالعات مختلفی انجام شده است. پس از فعالیت ورزشی مقادیر بیان ژن اکتیوین - فولیستاتین در کبد رت‌ها تغییر کرده و سطوح mRNA اکتیوین کاهش می‌یابد [۲۵].

به طور کلی مطالعات کمی به بررسی مارکرهای هایپرتروفی عضلاتی در پاسخ به تمرینات ثابت مرکزی در زنان مسن مبتلا به کمر درد پرداخته است. مکانیسم‌های سلولی و مولکولی که باعث انتقال سیگنال‌های سلولی و به دنبال آن رشد عضلاتی می‌شوند، هنوز به طور دقیق شناخته نشده‌اند.

انقباض عضلاتی ناشی از فعالیت ورزشی، فرایند تبدیل سیگنال مکانیکی به یک سلسله وقایع مولکولی است که از طریق

هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر ده هفته تمرینات عضلات مرکزی بر سطوح فولیستاتین، مایوستاتین سرمی و میزان درد زنان مبتلا به کمر درد مزمن است.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمرینات عضلات مرکزی منجر به افزایش معناداری سطوح فولیستاتین و کاهش معنادار مایوستاتین سرمی شد. در این زمینه، هافمن و همکاران گزارش کردند که سه تا شش ماه تمرینات الاستیکی مقاومتی و تمرینات الاستیک با باند همراه با مصرف مکمل غذایی منجر به بهبود عملکرد در تمرینات و افزایش فولیستاتین، کاهش نسبت فولیستاتین به اکتیوین A و عدم تغییر معنادار در سطوح میوستاتین شد [۲۱].

در بررسی تغییرات فولیستاتین پاسخ آنابولیکی عضله هم‌خوان با مطالعات پیشین است [۲۲، ۲۳]. به عبارت دیگر، به علت مقاومت آنابولیک و اختلال در مسیرهای سیگنالینگ آنابولیکی عضله، عضله افراد مسن به خوبی عضلات افراد جوان



[۲۸]، ضعف عضلات شکم و عضلات عمقی تنه، اختلال و عدم کنترل مناسب عضلات عمقی تنه نظیر عضله مولتیفیدوس [۳۱]، از جمله دلایل اصلی هستند.

مطالعات متعددی کاهش کمر درد را در پاسخ به انجام فعالیت ورزشی گزارش کرده‌اند [۲۲، ۳۳]، اما مکانیسم این کاهش به خوبی مشخص نشده است. در توضیح مکانیسم کاهش درد می‌توان سه تئوری؛ (۱) تئوری مکانیکی (افزایش قدرت و ثبات مرکزی)، (۲) تئوری نرولوژیکی (حساسیت‌زدایی) و (۳) تئوری کنش‌گر (فعالیت طبقه‌بندی‌شده) را مد نظر قرار داد. در تمام این تئوری‌ها، فعالیت ورزشی ابزاری فیزیکی - جسمانی و یا رفتاری محسوب شده که باعث کاهش شدت درد و کاهش ناتوانی ناشی از کمر درد می‌شود [۳۴].

در تئوری مکانیکی فعالیت ورزشی ثبات مرکزی به مدت ده هفته اجرا شده و تنها بعد از سپری شدن پنج هفته میزان درد به طور معناداری کاهش یافت. همچنین از منظر سازگاری فیزیولوژیکی با فعالیت ورزشی، سازگاری نرونی که اولین پاسخ سازگاری سیستم عصبی - عضلانی به فعالیت ورزشی است [۳۵] نیز می‌تواند مسئول افزایش قدرت و متعاقباً کاهش کمر درد مزمن زنان سالمند باشد [۲۲، ۳۶].

نتایج متضاد احتمالاً ناشی از اختلاف در شرایط فیزیولوژیکی افراد شرکت‌کننده، سلامت، مدت، نوع و شدت تمرین، و وضعیت تغذیه‌ای باشد. با توجه به اینکه این مطالعه با محدودیت‌های زیادی، از جمله رژیم غذایی متنوع، پاسخ‌های سازگاری گوناگون به فعالیت بدنی، تعداد کم آزمودنی‌ها به دلیل انصراف بعضی از آنها از شرکت در تحقیق حاضر و تفاوت‌های فردی روبه‌رو بود، در نتیجه جانب احتیاط را بیشتر باید رعایت کرد.

### نتیجه‌گیری

به طور کلی می‌توان گفت که تمرینات عضلات مرکزی منجر به کاهش معناداری مقیاس نسبی درد شد. سطوح فولیستاتین و مایوستاتین در پایان دوره تمرینی به ترتیب افزایش و کاهش معنادار یافت. همچنین عملکرد کمر در زنان سالمند مبتلا به کمر درد مزمن در پایان تمرین بهبود یافت.

با این حال، نظر به اهمیت نقش فعالیت جسمانی در پیشگیری و درمان بسیاری از دردها، متخصصان برای درمان کمر درد مزمن، مشاوره تمرینی را پیشنهاد می‌کنند. علاوه بر این، اجرای تمرینات ورزشی منجر به بهبود قدرت و مشارکت اجتماعی زنان سالمند می‌شود. از این رو، استفاده از این آزمایشات روش درمانی مناسبی برای مقابله با کمر درد مزمن است.

فعال‌سازی مسیرهای سیگنالی ویژه که شامل پیامبرهای اولیه و ثانویه است، موجب تنظیم بیان ژن، سنتز و تجزیه پروتئین و به دنبال آن سازگاری در سلول عضلانی می‌شود [۲۶].

پیامبرهای اولیه که آغازگر فرایندهای آبخاری هستند، عبارتند از: جریان کلسیم، پتانسیل ردوکس و کشش، پتانسیل فسفوریلاسیون و کشش‌های مکانیکی، کشش عضلانی به تنهایی و مستقل از افزایش فعالیت انقباضی نیز می‌تواند سنتز پروتئین را از طریق چندین مسیر تحریک کند. در حقیقت کشش ماتریکس خارج سلولی سیگنال‌های داخل سلولی را فعال می‌کند که در نهایت منجر به تغییر در بیان ژن و سنتز پروتئین می‌شود [۲۷].

در واقع، با توجه به نتایج پژوهش حاضر و مطالعات گذشته شاید بتوان گفت تمرینات ثبات مرکزی با برقراری تعادل بین تنظیم‌کننده‌های مثبت و منفی رشد عضلانی می‌تواند در بهبود وضعیت جسمانی سالمندان نقش ایفا کند، هرچند با توجه به افول تنظیم‌کننده‌های رشد عضلانی در سالمندی نقش مهاری تنظیم‌کننده‌های منفی که میوستاتین نیز از آن دسته است برجسته‌تر است [۱۹].

البته این نکته نیز قابل تأمل است که افراد سالخورده به علت مشکلات ایجادشده در وضعیت فیزیولوژیکی و جسمانی دارای محدودیت‌های حرکتی خاص خود هستند، به همین منظور اعمال بار تمرین و حفظ رعایت مدت تمرین با محدودیت‌هایی رو به رو است که استفاده از این نوع تمرینات می‌تواند کمک بیشتری به این افراد کند. از این رو، می‌توان گفت که این نوع آزمایش تمرینی در برنامه‌های توانبخشی و ورزشی سالمندان مفید است [۱۷].

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمرینات ثبات مرکزی منجر به کاهش معناداری مقیاس نسبی درد و بهبود عملکرد کمر در زنان سالمند مبتلا به کمر درد مزمن می‌شود. در بررسی تغییرات کمر درد مزمن زنان سالمند، عضله مولتیفیدوس نقش پایدارکنندگی ستون فقرات را بر عهده داشته و از خم شدن ستون فقرات جلوگیری می‌کند. همان طور که می‌دانیم آتروفی عضله چندسره کمری با بروز کمر درد همراه است [۲۸].

عضله مولتیفیدوس در موقعیت آناتومیکی محدودی قرار دارد. به طوری که از طرفین توسط زواید عرضی و شوکی محصور شده و تنها از دو جهت عرضی و سطحی قابلیت افزایش حجم و هایپرتروفی را دارد و این خود دلیل بر مثلثی شکل بودن این عضله است [۲۹].

سطح مقطع عضله مولتیفیدوس با افزایش سن کاهش یافته و چنانچه این آتروفی عضلانی جبران شود، می‌تواند کمر درد مزمن زنان سالمند مبتلا به این درد را تقلیل دهد. در بررسی علت کمر درد مزمن دلایل متعددی بیان شده‌اند، از جمله آتروفی، کاهش قدرت و توده عضله چندسره کمری به علت سالخوردگی [۳۰]



## ملاحظات اخلاقی

### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این تحقیق در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی بجنورد با شماره مجوز IR.IAU.BOJNOURD.REC.1395.023 به تأیید رسیده است

### حامی مالی

این مقاله از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول، در گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بجنورد گرفته شده و با هزینه شخصی انجام شده است.

## References

- [1] Lynch GS. Sarcopenia-age-related muscle wasting and weakness: Mechanisms and treatments. Berlin: Springer Science & Business Media; 2010. [DOI:10.1007/978-90-481-9713-2]
- [2] Deschenes MR. Effects of aging on muscle fibre type and size. *Sports Medicine (Auckland, NZ)*. 2004; 34(12):809-24. [DOI:10.2165/00007256-200434120-00002] [PMID]
- [3] Bales CW, Ritchie CS. Redefining nutritional frailty: Interventions for weight loss due to undernutrition. In: Bales CW, Ritchie CS, editors. *Handbook of clinical nutrition and aging*. New Jersey: Humana Press; 2009. [DOI:10.1007/978-1-60327-385-5\_9]
- [4] Sreeja V, Jana A, Aparnathi K, Prajapati J. Role of whey proteins in combating geriatric disorders. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2013; 93(15):3662-9. [DOI:10.1002/jsfa.6345]
- [5] Nedergaard A, Henriksen K, Karsdal MA, Christiansen C. Musculoskeletal ageing and primary prevention. *Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology*. 2013; 27(5):673-88. [DOI:10.1016/j.bpobgyn.2013.06.001] [PMID]
- [6] Brown LA, Guzman SD, Brooks SV. Emerging Molecular Mediators and Targets for Age-related Skeletal Muscle Atrophy: Molecular targets involved in sarcopenia. *Translational Research*. 2020; 221:44-57. [DOI:10.1016/j.trsl.2020.03.001] [PMID]
- [7] Ikezoe T, Mori N, Nakamura M, Ichihashi N. Effects of age and inactivity due to prolonged bed rest on atrophy of trunk muscles. *European Journal of Applied Physiology*. 2012; 112(1):43-8. [DOI:10.1007/s00421-011-1952-x] [PMID]
- [8] Angeletti C, Guetti C, Ursini ML, Taylor Jr R, Papola R, Petrucci E, et al. Low back pain in a natural disaster. *Pain Practice*. 2014; 14(2):E8-16. [DOI:10.1111/papr.12087] [PMID]
- [9] Ikezoe T, Mori N, Nakamura M, Ichihashi N. Atrophy of the lower limbs in elderly women: Is it related to walking ability? *European Journal of Applied Physiology*. 2011; 111(6):989-95. [DOI:10.1007/s00421-010-1728-8] [PMID]
- [10] Beas-Jiménez JdD, López-Lluch G, Sánchez-Martínez I, Muro-Jiménez A, Rodríguez-Bies E, Navas P. Sarcopenia: Implications of physical exercise in its pathophysiology, prevention and treatment. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. 2011; 4(4):158-66. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-andaluza-medicina-del-deporte-284-articulo-sarcopenia-implications-physical-exercise-in-X1888754611937888>
- [11] McFarland DC, Velleman SG, Pesall JE, Liu C. Effect of myostatin on turkey myogenic satellite cells and embryonic myoblasts. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 2006; 144(4):501-8. [DOI:10.1016/j.cbpa.2006.04.020] [PMID]
- [12] Eilers W, Chambers D, Cleasby M, Foster K. Local myostatin inhibition improves skeletal muscle glucose uptake in insulin resistant high fat diet-fed mice. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 2020; 319(1):E163-74. [DOI:10.1152/ajpendo.00185.2019] [PMID]
- [13] Attarzadeh Hosseini SR, Motahari Rad M, Hejazi K. Effects of Ramadan fasting and regular physical activity on serum myostatin and follistatin concentrations. *International Journal of Applied Exercise Physiology*. 2016; 5(3):38-45. [https://www.academia.edu/31162506/Effects\\_of\\_Ramadan\\_fasting\\_and\\_Regular\\_Physical\\_Activity\\_on\\_Serum\\_Myostatin\\_and\\_Follistatin\\_Concentrations](https://www.academia.edu/31162506/Effects_of_Ramadan_fasting_and_Regular_Physical_Activity_on_Serum_Myostatin_and_Follistatin_Concentrations)
- [14] Hittell DS, Axelson M, Sarna N, Shearer J, Huffman KM, Kraus WE. Myostatin decreases with aerobic exercise and associates with insulin resistance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2010; 42(11):2023-9. [DOI:10.1249/MSS.0b013e3181e0b9a8] [PMID] [PMCID]
- [15] Santos AR, Lamas L, Ugrinowitsch C, Tricoli V, Miyabara EH, Soares AG, et al. Different resistance-training regimens evoked a similar increase in myostatin inhibitors expression. *International Journal of Sports Medicine*. 2015; 36(9):761-8. [DOI:10.1055/s-0035-1547219] [PMID]
- [16] Yarahmadi Y, Hadadnezhad M, Shojaodins S. [The effect of Eight weeks core stabilization on functional disability, dynamic balance and proprioception lumbo pelvic of subject with non-specific chronic low back pain (Persian)]. *Journal of Anesthesiology and Pain*. 2017; 8(3):54-66. <http://jap.iuims.ac.ir/article-1-5347-fa.html>
- [17] Puntumetakul R, Chalermman R, Hlaing SS, Tapanya W, Saiklang P, Boucaut R. The effect of core stabilization exercise on lumbar joint position sense in patients with subacute non-specific low back pain: A randomized controlled trial. *Journal of Physical Therapy Science*. 2018; 30(11):1390-5. [DOI:10.1589/jpts.30.1390] [PMID] [PMCID]
- [18] Rastegar MM M, Haghighi A, Askari R. [Effect of core stabilization exercise on the reduction of low back pain and ultrasonic changes of multifidus in aged-women with chronic low back pain (Persian)]. *Anesthesiology and Pain*. 2016; 7(2):62-74. <http://jap.iuims.ac.ir/article-1-5244-en.html>
- [19] Vatankhah-khozani S, Haghshenas R, Faramarzi M. [The effect of 8 weeks of elastic band resistance training on serum myostatin and body composition in elderly women (Persian)]. *Journal of Sport Biosciences*. 2018; 10(3):347-58. [doi: 10.22059/jsb.2018.261987.1296]
- [20] Hawker GA, Mian S, Kendzerska T, French M. Measures of adult pain: Visual analog scale for pain (vas pain), numeric rating scale for pain (nrs pain), mcgill pain questionnaire (mpq), short-form mcgill pain questionnaire (sf-mpq), chronic pain grade scale (cpgs), short form-36 bodily pain scale (sf-36 bps), and measure of intermittent and constant osteoarthritis pain (icoap). *Arthritis Care & Research*. 2011; 63(S11):S240-52. [DOI:10.1002/acr.20543] [PMID]
- [21] Hofmann M, Schober-Halper B, Oesen S, Franke 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]
- [22] Greig CA. Nutritional approaches to the management of sarcopenia. *Nutrition Bulletin*. 2013; 38(3):344-8. [DOI:10.1111/nbu.12046]
- [23] Robinson S, Cooper C, Aihie Sayer A. Nutrition and sarcopenia: a review of the evidence and implications for preventive strategies. *Journal of Aging Research*. 2012; 2012:510801. [DOI:10.1155/2012/510801] [PMID] [PMCID]
- [24] Kim JS, Wilson JM, Lee SR. Dietary implications on mechanisms of sarcopenia: Roles of protein, amino acids and antioxidants. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 2010; 21(1):1-13. [DOI:10.1021/bi00530a001] [PMID]
- [25] Gholamnezhad Z, Mégarbane B, Rezaee R. Molecular mechanisms mediating adaptation to exercise. In: Xiao J, editors. *Physical exercise for human health. Advances in Experimental Medicine and Biology (vol 1228)*. Singapore: Springer; 2020. [DOI:10.1007/978-981-15-1792-1\_3] [PMID]
- [26] Burkholder TJ. Mechanotransduction in skeletal muscle. *Frontiers in Bioscience: A Journal and Virtual Library*. 2007; 12:174-91. [DOI:10.2741/2057] [PMID] [PMCID]
- [27] Egan B, Zierath JR. Exercise metabolism and the molecular regulation of skeletal muscle adaptation. *Cell Metabolism*. 2013; 17(2):162-84. [DOI:10.1016/j.cmet.2012.12.012] [PMID]

- [28] Freeman MD, Woodham MA, Woodham AW. The role of the lumbar multifidus in chronic low back pain: A review. *PM & R*. 2010; 2(2):142-6. [DOI:10.1016/j.pmrj.2009.11.006] [PMID]
- [29] Stokes M, Rankin G, Newham DJ. Ultrasound imaging of lumbar multifidus muscle: Normal reference ranges for measurements and practical guidance on the technique. *Manual Therapy*. 2005; 10(2):116-26. [DOI:10.1016/j.math.2004.08.013] [PMID]
- [30] Cheung WK, Cheung JPY, Lee WN. Role of ultrasound in low back pain: A review. *Ultrasound in Medicine & Biology*. 2020; 46(6):1344-58. [DOI:10.1016/j.ultrasmedbio.2020.02.004] [PMID]
- [31] Chang WD, Lin HY, Lai PT. Core strength training for patients with chronic low back pain. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015; 27(3):619-22. [DOI:10.1589/jpts.27.619] [PMID] [PMCID]
- [32] Owen PJ, Miller CT, Rantalainen T, Simson KJ, Connell D, Hahne AJ, et al. Exercise for the intervertebral disc: A 6-month randomised controlled trial in chronic low back pain. *European Spine Journal*. 2020; 29:1887-99. [DOI:10.1007/s00586-020-06379-7] [PMID]
- [33] Sipaviciene S, Kliziene I. Effect of different exercise programs on non-specific chronic low back pain and disability in people who perform sedentary work. *Clinical Biomechanics*. 2020; 73(1):17-27. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2019.12.028] [PMID]
- [34] Helmhout PH, Staal JB, Maher CG, Petersen T, Rainville J, Shaw WS. Exercise therapy and low back pain: Insights and proposals to improve the design, conduct, and reporting of clinical trials. *Spine*. 2008; 33(16):1782-8. [DOI:10.1097/BRS.0b013e31817b8fd6] [PMID]
- [35] Kravitz L. Resistance training: Adaptations and health implications. *Idea Today*. 1996; 14:38-49. <http://www.unm.edu/~lkravitz/Article%20folder/resistben.html>
- [36] Kukuljan S, Nowson CA, Sanders K, Daly RM. Effects of resistance exercise and fortified milk on skeletal muscle mass, muscle size, and functional performance in middle-aged and older men: An 18-mo randomized controlled trial. *Journal of Applied Physiology*. 2009; 107(6):1864-73. [DOI:10.1152/jappphysiol.00392.2009] [PMID]

This Page Intentionally Left Blank