

## Research Paper

# Investigating the Changes of Tumor Necrosis Factor- $\alpha$ and Interleukin-10 After 8 Weeks of Regular Pilates Exercise and Vitamin D Intake in Overweight Men: A Randomized Clinical Trial



Masoumeh Khodadoust<sup>1</sup> , \*Masoumeh Habibian<sup>1</sup> 

1. Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Humanities, Islamic Azad University, Qaemshahar Branch, Qaemshahar, Iran.



**Citation:** Khodadoust M, Habibian M. [Investigating the Changes of Tumor Necrosis Factor- $\alpha$  and Interleukin-10 After 8 Weeks of Regular Pilates Exercise and Vitamin D Intake in Overweight Men. A Randomized Clinical Trial (Persian)]. Journal of Arak University of Medical Sciences (JAMS). 2021; 23(6):888-901. <https://doi.org/10.32598/JAMS.23.6.3537.5>

 <https://doi.org/10.32598/JAMS.23.6.3537.5>



### Article Info:

Received: 25 Apr 2020

Accepted: 07 Aug 2020

Available Online: 01 Feb 2021

## ABSTRACT

**Background and Aim** Weight gain and vitamin D deficiency are associated with increased systemic inflammation and chronic diseases. The current study aimed to investigate the effects of regular Pilates training associated with Vitamin D intake on Tumor Necrosis Factor- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ) and Interleukin-10 (IL-10) levels in overweight males.

**Methods & Materials** This quasi-experimental study was conducted on 52 overweight men aged 45-55 years. Volunteers were firstly selected through the convenience sampling method. Then, they were divided into Pilates training, Pilates training + vitamin D supplementation, vitamin D supplementation (combined), and control groups (n=13/group). The provided Pilates training program was performed for 8 weeks (with the intensity of 50%-75% of reserve heart rate, 3 sessions/week). The supplement and combined groups also received 50000 units of oral vitamin D weekly for 8 weeks. The serum levels of variables were determined using the ELISA method. The obtained data were analyzed by Paired Samples t-test, one-way Analysis of Variance (ANOVA), and Kruskal-Wallis test at the significant level of <0.05.

**Ethical Considerations** This study was approved by the Research Ethics Committee at Islamic Azad University, Babol Branch, Iran (Code: IR.IAU.BABOL.REC.1398.088). Also, this study was approved by the Iranian Clinical Trial Registration Center (Code: IRCT20190831044650N2)

**Results** The collected results indicated that 8 weeks of Pilates training, vitamin D intake, and the combined intervention were associated with a significant increase in IL-10 (P<0.001) and a decrease in TNF- $\alpha$  (P<0.001). Additionally, the presented combination intervention was associated with further alternations in the research variables, compared to the other two interventions; however, in the exercise group, the decrease in TNF- $\alpha$  level was more than that in the vitamin D intake group (P=0.012).

**Conclusion** It seems that in overweight combined with vitamin D deficiency stats, the anti-inflammatory effects of Pilates training, vitamin D supplementation interventions, and a combination of the two methods can be attributed in part to up-regulation IL-10 and TNF- $\alpha$  reduction; however, the effectiveness of the combined intervention on the development of inflammation was greater than that of the other two interventions. Furthermore, the effect of Pilates training on reducing TNF- $\alpha$  was stronger than that of vitamin D supplementation.

### Key words:

Interleukin-10, Overweight, Pilates training, Vitamin D, Tumor necrosis factor- $\alpha$

### \* Corresponding Author:

Masoumeh Habibian, PhD.

Address: Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Humanities, Islamic Azad University, Qaemshahar Branch, Qaemshahar, Iran.

Tel: +98 (11) 42241041

E-mail: habibian\_m@yahoo.com

## Extended Abstract

### 1. Introduction

Obesity causes low-grade chronic inflammation and immune system disorders [2]. Systemic inflammation is characterized by increased levels of biomarkers, like Alpha Tumor Necrosis Factor (TNF- $\alpha$ ) [3]. Interleukin 10 (IL-10) is an essential anti-inflammatory and immune-regulating cytokine involved in controlling the inflammatory response [4]. Vitamin D deficiency is also strongly linked to major chronic diseases, such as cardiovascular disease, diabetes, and cancer [7]. The bioactivity of this vitamin may decrease with increasing adipose tissue in obese individuals [8]. Vitamin D manifests various regulatory effects on acquired and innate immune system cells [12]. The active metabolite of vitamin D significantly impacts the negative regulation of TNF- $\alpha$  expression and production [3]. Additionally, the low concentrations of inflammatory markers were observed in individuals with frequent and more intense physical activity [14]. Therefore, reducing inflammation is a therapeutic goal to decline the risk of disease and disability. The present study explored the effect of regular Pilates exercises plus vitamin D intake on TNF- $\alpha$  and IL-10 levels in overweight men.

### 2. Materials and Methods

This was a quasi-experimental study with a pre-test-Post-test and a control group design. The present study was performed on 52 inactive overweight men [Body Mass Index (BMI): 25-29 kg/m<sup>2</sup>], with an age range of 45-55 years. The research subjects were selected by convenience sampling method; then, they were randomly divided into the exercise, exercise + vitamin D (combination), vitamin D supplementation, and control groups (n=13/group). Each

training session consisted of 3 parts; warm-up (10 minutes), basic Pilates exercises, and cool-down (5 minutes). The main exercises started in the first week with an intensity of 50%-55% of the reserve heart rate, one set, and 10 repetitions, and continued until the eighth week with an intensity of 65%-70% of the reserve heart rate, 4 sets with 12 repetitions (a gradual increase of 5% intensity training, one set & 2 repetitions every two weeks) [18]. Vitamin D and Perl combination groups received vitamin D, IU50000, and Perl control group containing oral paraffin once a week for 8 weeks as a single-blind [19]. The serum levels of the relevant variables were determined using the ELISA method. The obtained data were analyzed using Paired Samples t-test, one-way Analysis of Variance (ANOVA), and Kruskal-Wallis test at a significance level of P<0.05.

### 3. Results

Based on the Shapiro-Wilk test and one-way ANOVA data, the research subjects were similar concerning anthropometric indices and baseline vitamin D levels (Table 1). Furthermore, 40% of the explored subjects presented insufficient vitamin D levels (29-20 ng/mL) and another 60% had vitamin D deficiency (<20 ng/mL).

The intragroup study results revealed an increase in IL-10 levels and a decrease in TNF- $\alpha$  after 8 weeks of vitamin D intake, Pilates exercises, and combined intervention. Moreover, there was a significant difference between the mean scores of IL-10 and TNF- $\alpha$  in the post-test and the frequency of their changes in the research groups (Table 2). Based on the post hoc test data, the experimental groups presented higher IL-10 and lower TNF- $\alpha$  levels, compared to the control group; however, no significant difference was observed between the mean levels of TNF- $\alpha$  and IL-10 in the post-test (Table 3).

**Table 1.** Mean $\pm$ SD scores of anthropometric indices and 25-hydroxyvitamin D levels in the research subjects

Group	Mean $\pm$ SD				
	Height (cm)	Weight (Kg)	Age (y)	BMI (Kg/m <sup>2</sup> )	25-Hydroxyvitamin D Research (ng/mL)
Pilates exercise	181.4 $\pm$ 3.58	93.41 $\pm$ 2.78	48.92 $\pm$ 3.58	28.39 $\pm$ 0.87	17.50 $\pm$ 5.42
Vitamin D	180.84 $\pm$ 7.30	92.93 $\pm$ 3.12	49.54 $\pm$ 2.37	28.42 $\pm$ 1.01	18.00 $\pm$ 4.55
Pilates Exercise + Vitamin D	179.77 $\pm$ 1.64	92.31 $\pm$ 4.07	49.00 $\pm$ 3.32	28.51 $\pm$ 1.04	17.61 $\pm$ 4.61
Control	179.77 $\pm$ 1.64	91.92 $\pm$ 3.55	49.58 $\pm$ 2.84	28.33 $\pm$ 0.61	17.75 $\pm$ 4.51
F	0.895	0.455	1.293	0.082	0.025
P *	0.451	0.715	0.921	0.970	0.994

\*P obtained from one-way ANOVA.

**Table 2.** Comparing the within and between-group changes in the studied variables at baseline and after 8 weeks

Variable	Group	Mean±SD		The Frequency of Changes (%)	Intragroup Comparison
		Pre-test	Post-test		
IL-10 (pg / ml)	Pilates exercise	8.11±1.01	9.77±1.23 #	20.43±3.94#	P<0.001
	Exercise	7.91±1.21	9.51±1.30 #	20.51±3.45 #	P<0.001
	Pilates exercise + Vitamin D	8.36±1.21	10.57±1.36 #	26.87±4.50 # <sup>£</sup> &	P<0.001
	Control	7.94±1.11	7.91±1.07	-0.52.0±0.88	P=0.104
Inter-group comparison of IL-10 mean in post-test			P<0.001	F=9.888	
Intergroup comparison of IL-10 percentage changes			P<0.001	χ <sup>2</sup> =34.684	
TNF-α (picograms / ml)	Pilates exercise	7.41±1.27	6.06±0.99 #	-18.07±-4.12 #	P<0.001
	Exercise	6.96±1.46	6.01±1.28 #	-13.55±-4.01 # <sup>£</sup>	P<0.001
	Pilates exercise + Vitamin D	7.47±1.26	5.73±1.11 # <sup>£</sup>	-23.40±-3.69 # <sup>£</sup> &	P<0.001
	Control	7.24±1.13	7.29±1.12	0.8±1.35	P=0.065
Intergroup comparison of mean TNF-α in post-test			P=0.007	F=4.579	
			P<0.001.0	F=108.106	

#Significant difference compared to the control group; <sup>£</sup>Significant difference compared to the Pilates training group; <sup>&</sup>Significant differences compared to the vitamin D group.

Pairwise comparison of the mean frequency of changes in the mean scores of the variables indicated a further decrease in TNF-α levels and a higher increase in IL-10 following Pilates training interventions, and vitamin D supplementation, compared with the controls. However, the effect of the combined intervention on reducing TNF-α levels and IL-10 positive regulation was greater than those of the other interventions (Table 3).

#### 4. Discussion and Conclusion

The present study findings indicated an unfavorable status of vitamin D in overweight men. In other words, 40% and 60% of the explored subjects had insufficient levels and vitamin D deficiency, respectively. Furthermore, 8 weeks of Pilates training, vitamin D intake, and combination intervention were associated with decreased TNF-α levels and the positive regulation of IL-10. It seems that inactivity

**Table 3.** Results of mean tangential tests and the frequency of changes in research variables

Groups	Mean TNF-α in Post-test <sup>a</sup> (P)	Frequency of changes in mean TNF-α <sup>a</sup> (P)	Mean IL-10 in Post-test <sup>a</sup> (P)	Frequency of average changes <sup>b</sup> IL-10 (P)	
Vitamin D	= 0.034	< 0.001	= 0.013	< 0.001	
Control	Pilates exercise	= 0.049	< 0.001	= 0.004	< 0.001
	Pilates exercise	= 0.007	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Vitamin D	Pilates exercise	= 1.000	= 0.012	= 0.955	= 0.894
	Pilates exercise + Vitamin D	= 0.924	= 0.002	= 0.146	= 0.001
Exercise	Pilates exercise + Vitamin D	= 0.895	<0.001	= 0.382	= 0.002

<sup>a</sup> P-value from Tukey's post hoc test; <sup>b</sup> P-value from Mann-Whitney U test.

and vitamin D deficiency can lead to an increase in inflammatory status in overweight populations, i.e., improved by practicing Pilates exercises and taking vitamin D. Vitamin D exerts its anti-inflammatory effects by inhibiting NF- $\kappa$ B, mitogen-activated protein kinase signaling pathways, and reducing the expression of Toll-like receptors. The active metabolite of vitamin D regulates NF- $\kappa$ B and inhibits dendritic cell differentiation and lymphocyte proliferation [24]. IL-10 also exerts its inhibitory effect on TNF- $\alpha$  secretion by reducing cholesterol accumulation in THP-1 macrophages derived from foam cells [31]. Exercise can modulate intracellular signaling pathways and cellular function mediated by nitric oxide and Reactive Oxygen Species (ROS). ROS mediates some catabolic effects of TNF- $\alpha$  on skeletal muscle; accordingly, decreased ROS production may lead to a reduced inflammatory response [13].

According to the obtained data, Pilates exercises, vitamin D intake, and combination intervention could improve inflammatory status in overweight subjects with low vitamin D levels. This is achieved by decreasing TNF- $\alpha$  and positively regulating IL-10. However, the effect of the combined intervention in modulating systemic inflammation was greater, compared to those of the other interventions. Therefore, exercise can exert some of its supportive effects on obesity and overweight by reducing inflammation, i.e., exacerbated by vitamin D intake.

## Ethical Considerations

### Compliance with ethical guidelines

All stages of the research were conducted under the supervision of Sports experts, observing ethical points. Furthermore, the present study was approved by the Iranian Clinical Trial Registration Center (Code: IRCT20190831044650N2) and the necessary Ethics Code was also obtained (IR.IAU.BABOL.REC.1398.088).

### Funding

This study was extracted from MA. thesis of the first author at the Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Humanities, Islamic Azad University, Qaemshahar Branch, Qaemshahar.

### Authors' contributions

Conceptualization, writing – original draft, data analysis: Masoumeh Habibian; Methodology, data collection, writing – review & editing: Masoumeh Khodadoost.

## Conflicts of interest

The authors declared no conflicts of interest.

This Page Intentionally Left Blank

## مقاله پژوهشی

# بررسی تغییرات سطوح فاکتور نکروزدهنده تومور آلفا و اینترلوکین ۱۰ پس از هشت هفته تمرین منظم پیلاتس و مصرف ویتامین D در مردان دارای اضافه‌وزن: یک مطالعه کارآزمایی بالینی

معصومه خدادوست<sup>۱</sup>، \* معصومه حبیبیان<sup>۱</sup>

۱. گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائمشهر، قائمشهر، ایران.

### چکیده

**زمینه و هدف:** افزایش وزن و کمبود ویتامین D با افزایش التهاب سیستمیک و بیماری‌های مزمن همراه است. هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر تمرینات پیلاتس همراه با مصرف ویتامین D بر سطوح فاکتور نکروزدهنده تومور آلفا (TNF- $\alpha$ ) و اینترلوکین ۱۰ (IL-10) در مردان دارای اضافه‌وزن بود.

**مواد و روش‌ها:** این مطالعه نیمه‌تجربی بر روی ۵۲ مرد دارای اضافه‌وزن با دامنه سنی ۴۵ تا ۵۵ سال انجام شد. آزمودنی‌ها در ابتدا به صورت در دسترس انتخاب و سپس به طور تصادفی به گروه‌های تمرین، تمرین به علاوه ویتامین D (ترکیبی)، ویتامین D و کنترل تقسیم شدند (سیزده نفر در هر گروه). گروه‌های تمرین و ترکیبی، هشت هفته تمرین ورزشی (با شدت ۵۰-۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره، سه جلسه در هفته) انجام دادند. گروه‌های ویتامین D و ترکیبی، ۵۰۰۰ واحد ویتامین D به صورت یکبار در هفته و به مدت هشت هفته دریافت کردند. سطوح سرمی متغیرها با استفاده از روش الیزا تعیین شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون‌های تی زوجی، آنووا یک‌طرفه و کروسکال والیس در سطح معناداری  $P < 0/05$  انجام شد.

**ملاحظات اخلاقی:** مطالعه حاضر در مرکز ثبت کارآزمایی بالینی ایران با کد IRCT۲۰۱۹۰۸۳۱۰۴۴۶۵۰N۲ تأیید شده است و دارای کد اخلاق IR.IAU.BABOL.REC.۱۳۹۸/۰۸۸ از دانشگاه بابل است.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که هشت هفته تمرین پیلاتس، مصرف ویتامین D و مداخله ترکیبی با افزایش سطوح IL-10 ( $P < 0/001$ ) و کاهش TNF- $\alpha$  ( $P < 0/001$ ) در مردان چاق همراه بود. به‌علاوه مداخله ترکیبی با تغییرات بیشتر این متغیرها در مقایسه با دو مداخله درمانی دیگر همراه بود، اما میزان کاهش سطوح TNF- $\alpha$  در گروه تمرینی بیشتر از گروه ویتامین D بود ( $P = 0/012$ ).

**نتیجه‌گیری:** به نظر می‌رسد که اثرات ضدالتهابی هر یک مداخله‌های ورزش پیلاتس، مکمل ویتامین D و ترکیبی از این دو شیوه در وضعیت اضافه‌وزنی همراه با سطوح پایین ویتامین D، تا حدی می‌تواند به تنظیم مثبت IL-10 و کاهش TNF- $\alpha$  نسبت داده شود، اما اثر بخشی مداخله ترکیبی بر بهبود التهاب در مقایسه با دو مداخله دیگر بیشتر است. همچنین تأثیر تمرین پیلاتس در کاهش TNF- $\alpha$  قوی‌تر از مکمل ویتامین D است.

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۶ اردیبهشت ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش: ۱۷ مرداد ۱۳۹۹

تاریخ انتشار: ۱۳ بهمن ۱۳۹۹

### کلیدواژه‌ها:

اینترلوکین ۱۰، اضافه‌وزن، تمرین پیلاتس، ویتامین D، فاکتور نکروزدهنده تومور آلفا

### مقدمه

فاکتور نکروزدهنده تومور آلفا<sup>۱</sup>، اینترلوکین  $\beta 1$ ، اینترلوکین ۲، اینترلوکین ۶ مشخص می‌شود [۳]. بافت چربی انسان یک غده درون‌ریز ترشح‌کننده TNF- $\alpha$ ، اینترلوکین ۶ شناخته شده است. پیش از این سطوح بالاتر TNF- $\alpha$  در بزرگسالان چاق و ارتباط آن با نشانگرهای چاقی تأیید شده است [۱]. اینترلوکین ۱۰ یک سایتوکاین مهم ضدالتهابی و تنظیم‌کننده سیستم ایمنی است که توسط ماکروفاژها، مونوسیت‌ها، سلول‌های دندریتیک،

چاقی ناشی از تجمع بیش از حد چربی در بدن است که اغلب برای سلامتی خطر دارد [۱]. چاقی سبب التهاب مزمن با درجه پایین می‌شود و پاسخ‌های التهابی مرتبط با چاقی عملکرد سیستم ایمنی بدن را مختل می‌کند [۲]. التهاب به عنوان ویژگی اساسی چاقی و بیماری مزمن مرتبط با آن از جمله دیابت نوع ۲ و بیماری‌های قلبی عروقی شناخته می‌شود. در حقیقت التهاب ممکن است منجر به توسعه تعداد زیادی از بیماری‌های مزمن شود. التهاب سیستمیک با افزایش سطوح نشانگرهای زیستی از جمله

1. Tumor necrosis factor- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ )

2. Interleukin-10 (IL-10)

\* نویسنده مسئول:

دکتر معصومه حبیبیان

نشانی: قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائمشهر، گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی.

تلفن: ۴۲۲۴۱۰۴۱ (۱۱) ۰۹۸+

پست الکترونیکی: habibian\_m@yahoo.com



داشته باشند [۱۳]. در نتایج مطالعات قبلی بر روی جمعیت زیاد، ارتباط مستمر فعالیت بدنی و التهاب و همچنین غلظت پایین نشانگرهای التهابی در افرادی با فعالیت بدنی مکرر و شدیدتر گزارش شده است [۱۴]. همچنین مشاهده شد که ویتامین D میزان تکثیر ویروسی و غلظت سایتوکین‌های التهابی که منجر به آسیب‌های ریوی مانند ذات‌الریه و خطر کووید ۱۹ (COVID-19) می‌شوند را کاهش می‌دهد [۱۵].

اگرچه مداخله‌های دارویی مختلف برای کاهش التهاب استفاده می‌شوند اما در حال حاضر هیچ‌یک از عوامل دارویی با اثرات ضدالتهابی برای درمان التهاب مزمن تشخیص داده نشده است. از طرف دیگر مداخلات رفتاری سبک زندگی از جمله تغییر در رژیم غذایی و فعالیت بدنی ممکن است از نظر بالینی با مزایای قابل توجهی در بهبود التهاب در درازمدت همراه باشند [۱۳]؛ بنابراین تصور می‌شود که کاهش التهاب یک هدف درمانی برای کاهش خطر ابتلا به بیماری و ناتوانی است. تمرینات پیلاتس روی بهبود کنترل عضلات (لگنی، کمر بند شانه‌ای و اندام تحتانی)، پیشرفت تعادل، صحیح نگه داشتن اندام (بازگرداندن بیومکانیک صحیح بدن)، پایداری ستون مهره‌ها و طرز صحیح انجام حرکات روزانه تمرکز دارد [۱۶] و با توجه به شیوع کمبود ویتامین D و تأثیر اثرات غیراستخوانی آن، مصرف این ویتامین از سوی محققان توصیه می‌شود؛ بنابراین در تحقیق حاضر تأثیر تمرینات منظم پیلاتس همراه با مصرف ویتامین D بر سطوح TNF- $\alpha$  و IL-10 در مردان دارای اضافه‌وزن بررسی شد.

### مواد و روش‌ها

پژوهش نیمه‌تجربی حاضر با طرح تحقیق پیش‌آزمون و پس‌آزمون همراه با گروه کنترل بود که بر روی مردان بزرگسال غیرفعال دارای اضافه‌وزن (شاخص توده بدن بین ۲۵ تا ۲۹ کیلوگرم بر مترمربع)، با دامنه سنی ۴۵ تا ۵۵ سال مراجعه‌کننده به باشگاه‌های ورزشی شهر قائمشهر در سال ۱۳۹۸ انجام شد. تعداد نمونه‌ها با استفاده از نرم‌افزار جی پاور با در نظر گرفتن توان آزمون ۰/۸ و آلفای معادل ۰/۰۵ و اندازه اثر ۰/۵، ۴۸ نفر تخمین زده شد (دوازده نفر در هر گروه) و با احتیاط بیشتر برای هر گروه سیزده نفر در نظر گرفته شد. از بین داوطلبین، ۵۲ نفر به طور هدفمند در ابتدا انتخاب شدند و پس از احراز شرایط لازم برای ورود، به صورت تصادفی ساده (به روش قرعه‌کشی) به چهار گروه کنترل، تمرین پیلاتس، ویتامین D و تمرین به علاوه ویتامین D تقسیم شدند (سیزده آزمودنی در هر گروه).

معیارهای ورود به مطالعه داشتن اضافه‌وزن، نداشتن فعالیت منظم ورزشی طی شش ماه گذشته و توانایی انجام فعالیت ورزشی، عدم ابتلا به بیماری‌های قلبی‌عروقی، عدم ابتلا به فشارخون بالا و نداشتن بیماری‌های التهابی بود. همچنین استفاده از هرگونه داروی خاص یا مکمل و مصرف سیگار از جمله معیارهای خروج

لنفوسیت‌های Th1 و Th2، لنفوسیت‌های B، سلول‌های T سیتوتوکسیک و ماست سل ترشح می‌شود. IL-10 فعال‌سازی، تکثیر و تمایز سلول‌های B را تحریک می‌کند و در کنترل پاسخ التهابی شرکت می‌کند. عدم تعادل بین سایتوکاین‌های پیش و ضدالتهابی از عملکرد مناسب سیستم ایمنی بدن جلوگیری می‌کند [۴]. این سایتوکاین ظرفیت مونوسیت‌ها و ماکروفاژها را برای ارائه آنتی‌ژن به سلول‌های T از طریق تنظیم منفی بیان TNF- $\alpha$  منظم می‌کند [۵]. در حالی که گزارش شده است افراد چاق دارای سطوح سرمی پایین‌تر IL-10 در مقایسه با افراد سالم دارای وزن نرمال هستند [۶].

از طرفی کمبود ویتامین D ارتباط نزدیکی با بیماری‌های مزمن اصلی مرتبط با استرس اکسیداتیو، التهاب و پیری از قبیل بیماری‌های قلبی‌عروقی و عصبی، دیابت و سرطان دارد. به ویژه سیستم قلبی‌عروقی نسبت به نقص ویتامین D بسیار حساس است، زیرا این امر ممکن است از طریق مکانیسم‌های متعدد منجر به اختلال در عملکرد اندوتلیال و ضعف عروقی شود [۷]. به دلیل ماهیت محلول در چربی ویتامین D، با افزایش مقادیر بافت چربی در افراد چاق ممکن است فعالیت زیستی این ویتامین کاهش یابد [۸]. به طوری که سطوح پایین‌تر ۲۵-هیدروکسی ویتامین D پایه در زنان چاق در مقایسه با زنان دارای وزن نرمال مشاهده شده است و همچنین این مورد با شاخص توده بدنی، دور کمر و درصد چربی بدن ارتباط دارد [۹]. به اعتقاد محققان سطوح پایه ویتامین D ممکن است تأثیر مکمل‌دهی ویتامین D در نشانگرهای التهابی را تحت‌الشعاع قرار دهد [۲]. این در حالی است که عزیزه و همکاران [۱۰] ارتباط مستقیم معنی‌داری بین نشانگرهای التهابی و سطوح ویتامین D در افراد بزرگسال سالم مشاهده نکردند. به علاوه در یک مطالعه پنج‌ساله بر روی بیماران چاق و یا دارای اضافه‌وزن مشاهده شد که سطوح TNF- $\alpha$  و همچنین التهاب بافت چربی در افراد با محتوای طبیعی ویتامین D کاهش یافته بود [۱۱]. ویتامین D اثرات تنظیمی گسترده‌ای بر سلول‌های سیستم ایمنی اکتسابی و ذاتی اعمال می‌کند [۱۲]. تبدیل ۲۵-هیدروکسی ویتامین D به فرم فعال آن ۱،۲۵-دی‌هیدروکسی ویتامین D به صورت موضعی در سلول‌های سیستم ایمنی بدن رخ می‌دهد. متابولیت فعال ویتامین D در تنظیم منفی بیان و تولید چندین سایتوکاین ضدالتهابی از جمله TNF- $\alpha$  نقش مهمی دارد [۳].

از سوی دیگر انجام فعالیت بدنی به عنوان یک استراتژی مهم برای کاهش خطرات ابتلا به بیماری‌های مزمن شناخته شده است. به طور کلی هرچه میزان فعالیت بدنی بیشتر باشد، خطر افزایش سطوح بیومارکرهای التهابی کمتر می‌شود. علاوه بر این، رابطه بین التهاب و فعالیت بدنی اغلب مستقل از چاقی کلی است که از طریق شاخص توده بدن تعیین می‌شود. با این حال تأیید نشده است که التهاب و فعالیت بدنی ارتباط علی

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد شاخص‌های آنتروپومتری و سطوح ۲۵-هیدروکسی ویتامین D آزمودنی‌های تحقیق

میانگین ± انحراف معیار					گروه
۲۵-هیدروکسی ویتامین D (نانوگرم / میلی لیتر)	BMI (کیلوگرم / مترمربع)	سن (سال)	وزن (کیلوگرم)	قد (سنتی متر)	
۱۷/۵۰±۵/۴۲	۲۸/۳۹±۰/۸۷	۴۸/۹۲±۲/۵۸	۹۳/۴۱±۲/۷۸	۱۸۱/۴±۲/۵۸	تمرین پیلاتس
۱۸/۰۰±۴/۶۵	۲۸/۴۲±۱/۰۱	۴۹/۵۴±۲/۳۷	۹۲/۹۳±۳/۱۲	۱۸۰/۸۴±۷/۳۰	ویتامین D
۱۷/۶۱±۴/۶۱	۲۸/۵۱±۱/۰۴	۴۹/۰۰±۳/۳۳	۹۲/۳۱±۴/۰۷	۱۷۹/۷۷±۱/۶۴	تمرین پیلاتس+ویتامین D
۱۷/۷۵±۴/۵۱	۲۸/۳۳±۰/۶۱	۴۹/۵۸±۲/۸۴	۹۱/۹۲±۳/۵۵	۱۸۰/۰۸±۲/۹۴	کنترل
۰/۰۲۵	۰/۰۸۲	۱/۲۹۳	۰/۴۵۵	۰/۸۹۵	F
۰/۹۹۴	۰/۹۷۰	۰/۹۲۱	۰/۷۱۵	۰/۴۵۱	P*



\* ارزش P حاصل از آزمون آنالیز واریانس یک‌راهه.

قلب ذخیره، با یک ست و ده تکرار شروع شده و تا هفته هشتم با شدت ۶۵ تا ۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره، چهار ست با دوازده تکرار (با افزایش تدریجی پنج درصد به شدت تمرین، یک ست و دو تکرار در هر دو هفته) ادامه یافت [۱۸]. به علاوه ضربان قلب ذخیره با استفاده از روش کارونن برای هر آزمودنی تعیین و در تمرینات با استفاده از ضربان‌سنج پولار کنترل شده و حداکثر ضربان قلب شرکت‌کنندگان با استفاده از رابطه (سن - ۲۲۰) محاسبه شد.

### مصرف مکمل

گروه‌های ویتامین D و ترکیبی (تمرین+ویتامین D) پرل ویتامین D، IU ۵۰۰۰۰ و گروه کنترل پرل حاوی پارافین خوراکی ساخت شرکت داروسازی زهراوی ایران که از نظر ظاهری کاملاً مشابه مکمل بود، را به مدت ۸ هفته و یک بار در هفته همراه با غذا و به صورت یک سوکور میل کردند [۱۹]. به آزمودنی‌ها توصیه شد رژیم غذایی معمولی خود را در طی دوره تحقیق (به ویژه در مراحل قبل از خون‌گیری) رعایت کنند.

سطوح سرمی TNF-α و IL-10 با استفاده از روش الایزا، کیت‌های (Human TNF-α ELISA Kit) و (Human IL-10) شرکت Bender Medsystem کشور اتریش بر اساس دستورالعمل با حساسیت‌های به ترتیب ۳/۹ و ۵/۰ پیکوگرم/میلی لیتر، اندازه‌گیری شد. مقادیر ۲۵-هیدروکسی ویتامین D با استفاده از روش الایزا (Euroimmun, Luebeck, Germany) کشور آلمان و دستورالعمل شرکت سازنده با حساسیت ۱/۹ نانوگرم/میلی لیتر، اندازه‌گیری شد.

داده‌های پژوهش بر حسب شاخص‌های مرکزی و پراکندگی توصیف شدند. همچنین از آزمون‌های شاپیروویلیک و لوین به ترتیب برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها و تجانس واریانس‌ها استفاده شد. به علاوه برای بررسی تغییرات درون‌گروهی از

از مطالعه بودند. آزمودنی‌ها پس از تکمیل رضایت‌نامه کتبی و اعلام آمادگی در پژوهش شرکت کردند. به علاوه آن‌ها مجاز بودند در صورت عدم تمایل به همکاری و یا عدم تحمل شرایط تحقیق، از ادامه همکاری انصراف دهند. همه مراحل تحقیق زیر نظر متخصصین ورزشی با رعایت نکات اخلاقی، حفظ ایمنی و سلامت آزمودنی‌ها انجام شد. در طی مطالعه یک نفر از گروه کنترل به علت استفاده از مکمل و یک نفر از گروه تمرین پیلاتس به دلیل عدم تکمیل فعالیت ورزشی از مطالعه خارج شدند.

### پروتکل تمرینی

آزمودنی‌های گروه‌های تمرین و تمرین + ویتامین D پس از آشنایی با چگونگی اجرای تمرینات پیلاتس، این تمرینات را به مدت ۶۰ تا ۷۵ دقیقه در هر جلسه با سه بخش گرم کردن (۱۰ دقیقه)، تمرینات اصلی پیلاتس و سرد کردن (۵ دقیقه)، سه جلسه در هفته انجام می‌دادند. تمرینات پیلاتس با توسعه تدریجی از سطوح پایین شروع شد و ضمن تمرکز بر عضلات بزرگ بالاتنه و پایین‌تنه و در سه وضعیت ایستاده، نشسته، خوابیده شامل حرکات کششی پیشرفته، قدرت، تعادل، انعطاف‌پذیری و هماهنگی عصبی-عضلانی بود. برای گرم کردن حرکاتی مانند ایستادن صحیح، احترام پیلاتس و تنفس، کشش دست و پای مخالف در حالت چهار دست و پا، مهره به مهره خوابیدن به پشت و برگشت، کیپ کردن قوس کمر و جمع کردن پاها، گریه ایستاده، مهره به مهره رفتن به حالت چهار دست و پا، چرخش دست‌ها، چرخش گردن استفاده می‌شد و برای سرد کردن نیز حرکاتی مانند کشش ستون مهره‌ها، پیچ ستون مهره‌ها، کشش پشت پا، حرکت نخ در سوزن، سجده، تنفس جانبی، احترام پیلاتس توسط آزمودنی‌ها با تأکید بر دم و بازدم صحیح انجام می‌شد [۱۷].

تمرینات اصلی در هفته اول با شدت ۵۰ تا ۵۵ درصد ضربان



جدول ۲. مقایسه درون گروهی و بین گروهی تغییرات متغیرهای مورد مطالعه در سطوح پایه و بعد از هشت هفته

مقایسه درون گروهی	میانگین $\pm$ انحراف معیار			متغیر
	درصد تغییرات	پس آزمون	پیش آزمون	
$P < 0.001$	$20.43 \pm 3.94^{\#}$	$9.77 \pm 1.23^{\#}$	$8.11 \pm 1.01$	تمرین پیلاتس
$P < 0.001$	$20.51 \pm 3.45^{\#}$	$9.51 \pm 1.30^{\#}$	$7.91 \pm 1.21$	ویتامین D
$P < 0.001$	$26.87 \pm 4.50^{\# \&}$	$10.57 \pm 1.36^{\#}$	$8.36 \pm 1.21$	تمرین پیلاتس + ویتامین D
$P = 0.104$	$-0.52 \pm 0.88$	$7.91 \pm 1.07$	$7.94 \pm 1.11$	کنترل
مقایسه بین گروهی میانگین IL-10 در پس آزمون				
	$F = 9/888$	$P < 0.001$		
مقایسه بین گروهی درصد تغییرات IL-10				
	$\chi^2 = 34/684$	$P < 0.001$		
$P < 0.001$	$-18.07 \pm 4.13^{\#}$	$6.06 \pm 0.99^{\#}$	$7.41 \pm 1.27$	تمرین پیلاتس
$P < 0.001$	$-13.55 \pm 3.01^{\#}$	$6.01 \pm 1.28^{\#}$	$6.96 \pm 1.46$	ویتامین D
$P < 0.001$	$-23.40 \pm 3.69^{\# \&}$	$5.73 \pm 1.11^{\#}$	$7.47 \pm 1.26$	تمرین پیلاتس + ویتامین D
$P = 0.065$	$-0.80 \pm 1.35$	$7.29 \pm 1.12$	$7.24 \pm 1.13$	کنترل
مقایسه بین گروهی میانگین TNF- $\alpha$ در پس آزمون				
	$F = 4/579$	$P = 0.007$		
مقایسه بین گروهی درصد تغییرات TNF- $\alpha$				
	$F = 10.8/106$	$P < 0.001$		



\* تفاوت معنی دار نسبت به گروه کنترل؛ <sup>‡</sup> تفاوت معنی دار نسبت به گروه تمرین پیلاتس؛ <sup>‡</sup> تفاوت معنی دار نسبت به گروه ویتامین D. غلظت‌ها بر اساس میانگین و انحراف استاندارد.

و  $(P = 0.735)$  و  $(P = 0.757, F = 0.395)$  TNF- $\alpha$  در مرحله پیش آزمون، بیانگر عدم تفاوت معنادار بین میانگین‌های این متغیرها در وضعیت پایه بوده است. در حالی که بین میانگین‌های این متغیرها در پس آزمون و درصد تغییرات آن‌ها در گروه‌های تحقیق اختلاف معناداری وجود داشته است (جدول شماره ۲). نتایج حاصل از آزمون تعقیبی نشان داد که پس از هشت هفته، سطوح IL-10 در گروه‌های تمرین پیلاتس، ویتامین D و ترکیبی در مقایسه با گروه کنترل بالاتر و سطوح TNF- $\alpha$  به طور معناداری پایین تر بود. در حالی که تفاوت معناداری بین میانگین سطوح سرمی TNF- $\alpha$  و IL-10 گروه‌های تمرین پیلاتس، ویتامین D و ترکیبی در پس آزمون مشاهده نشد (جدول شماره ۳).

مقایسه دوه‌دو میانگین درصد تغییرات میانگین متغیرها حاکی از کاهش بیشتر سطوح TNF- $\alpha$  و افزایش بالاتر IL-10 متعاقب مداخله‌های تمرین پیلاتس، مصرف مکمل ویتامین D در مقایسه با گروه کنترل بوده است. با وجود این، تأثیر مداخله ترکیبی بر کاهش سطوح TNF- $\alpha$  و تنظیم مثبت IL-10 در مقایسه با دو مداخله دیگر به طور معنی داری بیشتر بوده است. همچنین اثربخشی تمرین پیلاتس بر کاستن TNF- $\alpha$  قوی تر از مکمل ویتامین D بوده است (جدول شماره ۳).

آزمون‌های تی زوجی و برای بررسی تغییرات بین گروهی تحلیل واریانس یک راهه (از آزمون‌های کروسکال والیس و یو من ویتنی برای داده‌های غیرطبیعی) نیز استفاده شد و در صورت مشاهده معناداری اختلاف بین گروه‌ها، برای تعیین محل اختلاف از آزمون تعقیبی توکی در سطح معناداری  $P < 0.05$  استفاده شد. همه تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد.

### یافته‌ها

در جدول شماره ۱ شاخص‌های آنتروپومتری و سطوح ۲۵-هیدروکسی ویتامین D آزمودنی‌های در وضعیت پایه نشان داده شده است که بر اساس نتایج آزمون‌های شاپیروویلیک و آنالیز واریانس یک راهه آزمودنی‌ها در وضعیت پایه همسان بوده‌اند. بر اساس یافته‌های تحقیق ۴۰ درصد از آزمودنی‌ها دارای سطوح ناکافی ویتامین D (بین ۲۰ تا ۲۹ نانوگرم/ میلی لیتر) و ۶۰ درصد دیگر به کمبود ویتامین D مبتلا بودند (کمتر از ۲۰ نانوگرم/ میلی لیتر). در حالی که نتایج بررسی درون گروهی نشان داد که ۸ هفته مکمل سازی با ویتامین D، تمرینات پیلاتس و ترکیبی از تمرین پیلاتس و مکمل ویتامین D با افزایش در سطوح IL-10 و کاهش TNF- $\alpha$  همراه بود.

ارزش F محاسبه شده برای متغیرهای IL-10 ( $F = 0.426$ )

جدول ۳. نتایج آزمون‌های تعقیبی میانگین و درصد تغییرات آن در متغیرهای تحقیق

مقایسه گروه‌ها	میانگین TNF- $\alpha$ در پس‌آزمون *	درصد تغییرات میانگین TNF- $\alpha$ *	میانگین IL-10 در پس‌آزمون *	درصد تغییرات میانگین IL-10 **
ویتامین D	=/۰.۳۴	</۰.۰۰۱	=/۰.۱۳	</۰.۰۰۱
کنترل	=/۰.۴۹	</۰.۰۰۱	=/۰.۰۴	</۰.۰۰۱
تمرین پیلاتس	=/۰.۰۷	</۰.۰۰۱	</۰.۰۰۱	</۰.۰۰۱
تمرین پیلاتس + ویتامین D	=/۱.۰۰	=/۰.۱۲	=/۰.۹۵۵	=/۰.۸۹۴
ویتامین D	=/۰.۹۳۴	=/۰.۰۰۲	=/۰.۱۴۶	=/۰.۰۰۱
تمرین پیلاتس + ویتامین D	=/۰.۸۹۵	</۰.۰۰۱	=/۰.۳۸۲	=/۰.۰۰۲



\* ارزش P حاصل از آزمون تعقیبی توکی؛ \*\* ارزش P حاصل از آزمون من‌ویتنی.

## بحث

در تحقیق حاضر تأثیر تمرینات منظم پیلاتس همراه با مصرف ویتامین D بر سطوح TNF- $\alpha$  و IL-10 در مردان دارای اضافه‌وزن بررسی شد. بر اساس نتایج ۴۰ درصد و ۶۰ درصد از آزمودنی‌ها به ترتیب دارای سطوح ناکافی و کمبود ویتامین D بودند که حاکی از وضعیت نامطلوب ویتامین D در آنان است. علاوه بر این متعاقب هشت هفته انجام تمرین پیلاتس، مصرف ویتامین D و مداخله ترکیبی سطوح TNF- $\alpha$  کاهش یافت در حالی که تأثیر این مداخله‌ها با تنظیم مثبت سطوح IL-10 همراه بود. به نظر می‌رسد هر دو عامل فقر حرکتی و کمبود ویتامین D می‌تواند به افزایش سایتوکاین پیش‌التهابی TNF- $\alpha$  و کاهش سایتوکاین ضدالتهابی IL-10 در افراد دارای اضافه‌وزن منجر شده باشد که به واسطه مکمل‌یاری با ویتامین D بهبود یافت. هرچند تحقیقاتی در خصوص تأثیر مصرف ویتامین D بر شاخص‌های التهابی در افراد دارای اضافه‌وزن مشاهده نشد. این مسئله از جمله محدودیت‌های تحقیق حاضر نیز محسوب می‌شود، ولی اسدزاده و همکاران [۲۰] در پژوهش خود نشان دادند که دوازده هفته مصرف دوز غنی شده با ویتامین D (۲ بطری ۲۵۰ میلی‌لیتری در روز) با افزایش سطوح ۲۵-هیدروکسی ویتامین D، IL-10 و کاهش TNF- $\alpha$  در افراد دیابتی همراه بوده.

هاشمی و همکاران [۲۱] نشان دادند که پس از ۸ هفته مصرف مکمل ویتامین D سطوح سرمی IL-10 در افراد مبتلا به مولتیپل اسکروز افزایش یافت. همچنین امانی و همکاران [۲۲] نیز افزایش قابل توجه سطوح IL-10 در بیماران مبتلا به انواع سندرم روده تحریک‌پذیر را پس از ۶ ماه مصرف ویتامین D (۵۰ هزار واحد و هر دو هفته یک‌بار) مشاهده کردند. این در حالی است که زاک و همکاران [۲] در یک بررسی سیستماتیک نشان دادند که مکمل ویتامین D با تأخیری بر نشانگرهای التهابی مانند TNF- $\alpha$  در بزرگسالان دارای اضافه‌وزن و یا چاق همراه

نبوده است. به اعتقاد محققان سطوح پایه ویتامین D احتمالاً اثر مکمل‌دهی دارد و انباشت این ویتامین بر نشانگرهای التهابی تأثیر می‌گذارد. از آنجا که آزمودنی‌های تحقیق حاضر دارای سطوح پایین ویتامین D بودند به نظر می‌رسد که مکمل‌دهی با ویتامین D می‌تواند به بهبود وضعیت التهابی به واسطه کاهش TNF- $\alpha$  و تنظیم مثبت IL-10 منجر شود. ویتامین D اثرات ضدالتهابی خود را از طریق مهار NF- $\kappa$ B، مسیرهای سیگنالینگ پروتئین کیناز فعال شده از میتوزن و کاهش بیان گیرنده‌های شبه‌تولی اعمال می‌کند. گیرنده‌های شبه‌تولی پروتئین‌های فراغشایی هستند که سبب واکنش‌های آبشاری کلاسیک منجر به فعال شدن TNF- $\alpha$  می‌شوند. متابولیت فعال ویتامین D در تنظیم NF- $\kappa$ B عامل اصلی رونویسی TNF- $\alpha$  - تأثیرگذار است؛ همچنین تمایز سلول‌های دندریتیک و تکثیر لنفوسیت‌ها را مهار می‌کند [۲۳].

از جمله یافته‌های دیگر تحقیق حاضر کاهش سطوح TNF- $\alpha$  و افزایش IL-10 در مردان دارای اضافه‌وزن پس از هشت هفته تمرین پیلاتس بوده است. در حالی که کاهش TNF- $\alpha$  و افزایش IL-10 متعاقب مداخله ترکیبی در مقایسه با دو مداخله دیگر یعنی انجام تمرین پیلاتس و مصرف مکمل ویتامین D بیشتر بود که بیانگر اثرات هم‌افزایی تمرین پیلاتس همراه با مصرف ویتامین D در بهبود التهاب است. به علاوه در مقایسه با مصرف ویتامین D، تمرین پیلاتس با اثرات قوی‌تری در کاهش TNF- $\alpha$  همراه بوده است. مشابه نتایج تحقیق حاضر کاهش سطوح TNF- $\alpha$  پس از ۱۰ هفته تمرین مقاومتی و هوازی در مردان غیرفعال دارای اضافه‌وزن [۲۴]، چهار هفته فعالیت ورزشی با شدت متوسط در افراد دارای اضافه‌وزن و یا چاق [۲۵]، ۲۴ هفته تمرین ترکیبی در مردان چاق میانسال [۲۶] و دوازده هفته تمرینات هوازی ساده و موازی در مردان میانسال دارای اضافه‌وزن [۲۷] در تحقیقات قبلی مشاهده شد. از سوی دیگر افزایش معنادار سطوح سرمی IL-10 پس از دوازده هفته تمرین هوازی مداوم در زنان چاق با شاخص توده بدنی ۳۰ الی ۳۶ کیلوگرم در مترمربع [۲۸] و یا

## نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج، وضعیت ویتامین D در مردان دارای اضافه‌وزن در سطح نرمال نبود. همچنین هر سه شیوه درمانی (تمرینات پیلاتس، مصرف ویتامین D و ترکیبی از تمرین پیلاتس همراه با مصرف ویتامین D) ممکن است منجر به بهبود وضعیت التهابی در افراد دارای اضافه‌وزن با سطوح پایین ویتامین D، از طریق کاهش سطوح TNF- $\alpha$  و تنظیم مثبت IL-10 شود؛ اما تأثیر مداخله ترکیبی در تعدیل التهاب سیستمیک در مقایسه با دو مداخله دیگر بیشتر بوده است و تمرین پیلاتس با کاهش بیشتر در سطوح TNF- $\alpha$  در مقایسه با مکمل ویتامین D در این افراد همراه است؛ بنابراین انجام فعالیت ورزشی می‌تواند بخشی از اثرات حمایتی خود را در شرایط چاقی و اضافه‌وزن از طریق کاهش التهاب اعمال کند که این اثرات با مصرف ویتامین D تشدید می‌شود.

## ملاحظات اخلاقی

### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

همه مراحل تحقیق زیر نظر متخصصین ورزشی با رعایت نکات اخلاقی، حفظ ایمنی و سلامت آزمودنی‌ها انجام شده است. به علاوه مطالعه حاضر در مرکز ثبت کارآزمایی بالینی ایران با کد IRCT20190831044650N2 تأیید شده است و دارای کد اخلاق IR.IAU.BABOL.REC.1398.088 است.

### حامی مالی

این مقاله از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول در دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائمشهر استخراج شده است.

### مشارکت نویسندگان

ایده‌پردازی و مفهوم‌سازی، اصلاح نگارشی و تجزیه و تحلیل داده‌ها: معصومه حبیبیان؛ جمع‌آوری اطلاعات، روش پژوهش و نمونه‌گیری، نگارش پیش‌نویس اولیه و جمع‌آوری اطلاعات: معصومه خدادوست.

### تعارض منافع

هیچ‌گونه تضاد منافی در خصوص پژوهش حاضر وجود ندارد.

۶ هفته فعالیت تناوبی شدید در مردان دارای اضافه‌وزن [۲۹] گزارش شده است. در حالی که یافته‌های قربانیان [۳۰] حاکی از کاهش TNF- $\alpha$  و افزایش IL-10 در نوجوانان پسر دارای اضافه‌وزن، پس از هشت هفته تمرین استقامتی تناوبی ترکیبی همراه بوده است که این تغییرات معنادار نبودند. همچنین کاهش بی‌معنا TNF- $\alpha$  پس از ۱۲ هفته تمرین هوازی با شدت متوسط در زنان ۵۰ تا ۶۵ ساله مبتلا به سندروم متابولیک مشاهده شد که عدم معناداری این تغییرات ممکن است به ویژگی‌های سنی و یا تفاوت در نوع تمرین مرتبط باشد [۳۱]. علاوه بر این در نتایج یک مطالعه حیوانی بی‌تأثیر بودن ۱۶ هفته تمرین هوازی یا مقاومتی (پنج جلسه در هفته) بر سطوح IL-10 در موش‌های صحرایی مشاهده شد که به اعتقاد محققین تعداد روزهای استراحت (دو روز در هفته) برای افزایش سطوح IL-10 کافی نبوده است [۳۲]. پیش از این مشاهده شده است که بیان بالاتر IL-6 ناشی از عضله اسکلتی، مسئول افزایش بیان IL-10 بوده و می‌تواند منجر به کاهش قابل توجه در التهاب بافت چربی شود [۳۳]. از سوی دیگر IL-10 نیز اثر بازدارندگی خود را بر ترشح سایتوکاین پیش‌التهابی TNF- $\alpha$  از طریق کاهش تجمع کلاسترول در ماکروفاژهای THP-1 مشتق شده از فوم سل‌ها اعمال می‌کند [۳۰].

مکانیسم‌های مختلفی وجود دارد که از طریق آن تمرین ورزشی باعث کاهش التهاب مزمن می‌شود، از جمله اثر آن روی بافت عضلانی برای تولید شامل تأثیر مایوکاین‌های ضدالتهابی، تأثیر بر روی بافت چربی برای بهبود هیپوکسی و کاهش التهاب موضعی بافت چربی، تأثیر بر سلول‌های اندوتلیال برای کاهش سیستمیک چسبندگی لکوسیت‌ها و تأثیر آن بر سیستم ایمنی بدن که باعث کاهش تعداد سلول‌های پیش‌التهابی و کاهش تولید سایتوکاین پیش‌التهابی در هرگونه سلول می‌شود؛ بنابراین فعالیت ورزشی می‌تواند مسیرهای سیگنالینگ داخل سلولی و عملکرد سلولی که توسط اکسیدانتریک و گونه‌های اکسیژن واکنشی<sup>۲</sup> میانجی‌گر می‌شود را تعدیل کند. با توجه به اینکه ROS از برخی اثرات کاتابولیک TNF- $\alpha$  بر ماهیچه‌های اسکلتی میانجی‌گری می‌کند، کاهش در تولید ROS ممکن است منجر به کاستن پاسخ التهابی شود [۱۳]؛ بنابراین فعالیت ورزشی می‌تواند به واسطه کاهش وضعیت التهابی و تنظیم مثبت سایتوکاین ضدالتهابی، منجر به شیفت تعادل التهابی به سمت کاهش التهاب سیستمیک در شرایط اضافه‌وزنی و یا چاقی شود.

تحقیق حاضر دارای محدودیت‌هایی بود از جمله تعداد کم آزمودنی‌ها و همچنین وضعیت نامطلوب سطوح ویتامین D در آنان. پیشنهاد می‌شود پژوهشگران دیگر برای دستیابی به نتایج قطعی‌تر، تحقیقات گسترده‌تر و با تعداد بیشتری از آزمودنی‌ها با وضعیت‌های نرمال و غیرنرمال ویتامین D انجام دهند.

3. Reactive oxygen species (ROS)

## References

- [1] Elochukwu AC, Opara UC, Chinyere NA, Jeremiah OS, Chukwuma OO. Evaluation of tumor necrosis factor alpha, insulin, and homeostasis model assessment of insulin resistance among obese participants living in Calabar, Nigeria. *Trop J Med Res.* 2017; 20(1):45-52. [DOI:10.4103/1119-0388.198120]
- [2] Zuk A, Fitzpatrick T, Rosella LC. Effect of vitamin D3 supplementation on inflammatory markers and glycemic measures among overweight or obese adults: A systematic review of randomized controlled trials. *PLoS One.* 2016; 11(4):e0154215. [DOI:10.1371/journal.pone.0154215] [PMID] [PMCID]
- [3] Calton EK, Keane KN, Newsholme P, Soares MJ. The impact of vitamin D levels on inflammatory status: A systematic review of immune cell studies. *PLoS One.* 2015; 10(11):e0141770. [DOI:10.1371/journal.pone.0141770] [PMID] [PMCID]
- [4] Mattos MF, Biselli-Chicote PM, Biselli JM, da Silva Assembleia TL, Goloni-Bertollo EM, Pavarino EC. Interleukin 6 and 10 serum levels and genetic polymorphisms in children with down syndrome. *Mediators Inflamm.* 2018; 2018:6539548. [DOI:10.1155/2018/6539548] [PMID] [PMCID]
- [5] Trifunović J, Miller L, Debeljak Ž, Horvat V. Pathologic patterns of interleukin 10 expression-A review. *Biochem Med (Zagreb).* 2015; 25(1):36-48. [DOI:10.11613/BM.2015.004] [PMID] [PMCID]
- [6] Arslan N, Erdur B, Aydın A. Hormones and cytokines in childhood obesity. *Indian Pediatr.* 2010; 47(10):829-39. [DOI:10.1007/s13312-010-0142-y] [PMID]
- [7] Kim HA, Perrelli A, Ragni A, Retta F, De Silva TM, Sobey CG, et al. Vitamin D deficiency and the risk of cerebrovascular disease. *Antioxidants (Basel).* 2020; 9(4):327. [DOI:10.3390/antiox9040327] [PMID] [PMCID]
- [8] Slusher AL, McAllister MJ, Huang CJ. A therapeutic role for vitamin D on obesity-associated inflammation and weight-loss intervention. *Inflamm Res.* 2015; 64(8):565-75. [DOI:10.1007/s00011-015-0847-4] [PMID]
- [9] Tzotzas T, Papadopoulou FG, Tziomalos K, Karras S, Gastaris K, Perros P, et al. Rising serum 25-hydroxy-vitamin D levels after weight loss in obese women correlate with improvement in insulin resistance. *J Clin Endocrinol Metab.* 2010; 95(9):4251-7. [DOI:10.1210/jc.2010-0757] [PMID]
- [10] Azizieh F, Alyahya KO, Raghupathy R. Association between levels of vitamin D and inflammatory markers in healthy women. *J Inflamm Res.* 2016; 9:51-7. [DOI:10.2147/JIR.S103298] [PMID] [PMCID]
- [11] Olszanecka-Glinianowicz M, Chudek J, Kocełak P, Szromek A, Zahorska-Markiewicz B. Body fat changes and activity of tumor necrosis factor a system-a 5-year follow-up study. *Metabolism.* 2011; 60(4):531-6. [DOI:10.1016/j.metabol.2010.04.023] [PMID]
- [12] Sloka S, Silva C, Wang J, Yong VW. Predominance of Th2 polarization by vitamin D through a STAT6-dependent mechanism. *J Neuroinflammation.* 2011; 8:56. [DOI:10.1186/1742-2094-8-56] [PMID] [PMCID]
- [13] Beavers KM, Brinkley TE, Nicklas BJ. Effect of exercise training on chronic inflammation. *Clin Chim Acta.* 2010; 411(11-12):785-93. [DOI:10.1016/j.cca.2010.02.069] [PMID] [PMCID]
- [14] Hsu FC, Kritchevsky SB, Liu Y, Kanaya A, Newman AB, Perry SE, et al. Association between inflammatory components and physical function in the health, aging, and body composition study: A principal component analysis approach. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2009; 64(5):581-9. [DOI:10.1093/gerona/glp005] [PMID] [PMCID]
- [15] Grant WB, Lahore H, McDonnell SL, Baggerly CA, French CB, Aliano JL, et al. Evidence that vitamin D supplementation could reduce risk of influenza and COVID-19 infections and deaths. *Nutrients.* 2020; 12(4):988. [DOI:10.3390/nu12040988] [PMID] [PMCID]
- [16] Emery K, De Serres SJ, McMillan A, Côté JN. The effects of a Pilates training program on arm-trunk posture and movement. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2010; 25(2):124-30. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2009.10.003] [PMID]
- [17] Amirsasan R, Nikookheslat S, Dolgari Sharaf R. [Effect of eight weeks of pilates training on some physical fitness variables in untrained overweight females (Persian)]. *Sci J Rehab Med.* 2017; 6(1):192-200. [http://medrehab.sbmu.ac.ir/article\\_1100438.html](http://medrehab.sbmu.ac.ir/article_1100438.html)
- [18] Nemati Cherati B, Habibian M. [Possible effect of pilates exercises and vitamin D on renal function parameters in overweight men: A randomized clinical trial (Persian)]. *Qom Univ Med Sci J.* 2020; 14 (7):1-11. [DOI:10.29252/qums.14.7.1]
- [19] Baziar N, Djafarian K, Shadman Z, Qorbani M, Khoshniat Nikoo M, Razi F. [Effects of vitamin D supplementation on improving serum vitamin D levels and insulin resistance in vitamin D insufficient or deficient type 2 diabetic patients (Persian)]. *Iran J Diabetes Metab.* 2014; 13(5):425-33. <http://ijld.tums.ac.ir/article-1-5260-en.html>
- [20] Asadzadeh S, Zahedirad M, Neyestani T, Shariatzadeh N, Shab-Bidar S, Djazayeri A, et al. [Improvement of vitamin D status resulted in amelioration of biomarkers of systemic inflammation in the subjects with type 2 diabetes (Persian)]. *Iran J Nutr Sci Food Technol.* 2013; 7(5):167-76. <http://nsft.sbmu.ac.ir/article-1-999-en.html>
- [21] Hashemi R, Morshedi M, Asghari Jafarabadi M, Altafi D, Saeed Hosseini-Asl S, Rafie-Arefhosseini S. Anti-inflammatory effects of dietary vitamin D3 in patients with multiple sclerosis. *Neurol Genet.* 2018; 4(6):e278. [DOI:10.1212/NXG.0000000000000278] [PMID] [PMCID]
- [22] Amani R, Abbasnezhad A, Hajiani E, Cheraghian B, Abdoli Z, Choghakhorri R. Vitamin D3 induced decrease in IL-17 and malondialdehyde, and increase in IL-10 and total antioxidant capacity levels in patients with irritable bowel syndrome. *Iran J Immunol.* 2018; 15(3):186-196. [https://ijj.sums.ac.ir/article\\_39388.html](https://ijj.sums.ac.ir/article_39388.html)
- [23] Zakharova I, Klimov L, Kuryaninova V, Nikitina I, Malyavskaya S, Dolbnya S, et al. Vitamin D insufficiency in overweight and obese children and adolescents. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2019; 10:103. [PMID] [PMCID]
- [24] Taheri Kalani A, Nikseresht M. [The effect of 10 weeks resistance and aerobic training on inflammatory cytokines in sedentary overweight men (Persian)]. *J Ilam Univ Med Sci.* 2015; 23(5):17-26. <http://sijmu.medilam.ac.ir/article-1-2134-en.html>
- [25] Koh Y, Park KS. Responses of inflammatory cytokines following moderate intensity walking exercise in overweight or obese individuals. *J Exerc Rehabil.* 2017; 13(4):472-6. [DOI:10.12965/jer.1735066.533] [PMID] [PMCID]
- [26] Mateus KCS, Brunelli DT, Gáspari AF, Bonganhav, Bonfante ILP, Chacon-Mikahil MPT, et al. Effects of combined training on total ghrelin and tumor necrosis factor- $\alpha$  in obese middle-aged men. *Motriz, Rio Claro.* 2018; 24(2):e1018143. [DOI:10.1590/s1980-6574201800020006]

- [27] Cheyne E, Donges, Rob Duffield, Kym J. Comparative effects of single-mode vs. Duration-matched concurrent exercise training on body composition, low-grade inflammation, and glucose regulation in sedentary, overweight, middle-aged men. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2013; 38(7):779-88. [DOI:10.1139/apnm-2012-0443] [PMID]
- [28] Eizadi M, Laleh B, Khorshidi D. The effects of an aerobic training with difference duration on serum Interleukine-10 in middle- aged obese femels. *Acta Endocrinol (Buchar)*. 2018; 14(4):563-9. [DOI:10.4183/aeb.2018.563] [PMID] [PMCID]
- [29] Vahdat H, Mombini H, Eslami Farsani M, Ab Abzadeh S, Barzegar H. [Effect of High-Intensity Interval Training (HIIT) on the levels of irisin and interleukin-10 in overweight men (Persian)]. *Qom Univ Med Sci J*. 2018; 12(2):35-44. [DOI:10.29252/qums.12.2.35]
- [30] Ghorbanian B. [The Relationship between Lymphocytic ABCA1 protein with IL10 and TNF- $\alpha$  Cytokines followed by one period interval combined exercise training in overweight and obese male adolescents (Persian)]. *J Arak Uni Med Sci*. 2016; 19(5):67-77. <http://jams.arakmu.ac.ir/article-1-4320-fa.html>
- [31] Osali A, Eskandari, M. [The effect of three months aerobic exercise with moderate intensity on serum BDNF and TNF- $\alpha$  in women with metabolic syndrome (Persian)]. *Med J Mashhad Univ Med Sci*. 2016; 59(4):242-51. <http://eprints.mums.ac.ir/2571/>
- [32] Silva CMS, Vieira-Junior RC, Trombeta JCR, Lima TR, Fraga GA, Sena MS, et al. Effects of aerobic and resistance training of long duration on pro- and anti-inflammatory cytokines in rats. *Rev Andal Med Deporte*. 2017; 10(4):170-5. [DOI:10.1016/j.ramd.2016.02.005]
- [33] Macpherson RE, Huber JS, Frendo-Cumbo S, Simpson JA, Wright DC. Adipose tissue insulin action and IL-6 signaling after exercise in obese mice. *Med Sci Sports Exerc*. 2015; 47(10):2034-42. [DOI:10.1249/MSS.0000000000000660] [PMID]

This Page Intentionally Left Blank