مجله علوم پزشکی رازی دوره ۳۰، شماره ۳، خرداد ۱۴۰۲ http://rjms.iums.ac.ir

مقاله پژوهشی

اثربخشی دویدن تناوبی پرشدت همراه با مصرف ویتامین D برسطوح اینترلوکین-۱۰ و پراکسیداسیون لیپیدی در زنان دارای اضافه وزن با کمبود ویتامین D: یک مطالعه کارآزمایی بالینی

راحله کشوری: کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائمشهر، ایران

معصومه حبیبیان: دانشیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائمشهر، ایران (* نویسنده مسئول)
habibian_m@yahoo.com

بابی سان عسکری: استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائمشهر، ایران

چکیده

زمینه و هدف: کمبود ویتامینD و فقرحرکتی از جمله عوامل مربوط به افزایش التهاب و اسـترس اکسـایشـی در شـرایط چاقی هستند. هدف از مطالعه حاضر بررسی تاثیر دویدن تناوبی پرشدت همراه با مصرف ویتامینD بر سطوح اینترلوکین-۱۰ (IL-10)و شاخص پراکسیداسیون لیپیدی (MDA) در زنان غیر فعال دارای اضافه وزن باکمبود ویتامینD بود.

روش کار: این کارآزمایی بالینی یک سوکور شده بر روی ۵۲ زن دارای ا ضافه وزن با کمبود ویتامینD انجام شد. آزمودنی‌ها پس از انتخاب به روش نمونه گیری درد سترس، بطور ت صادفی به گروه های کنترل، تمرین تناوبی، ویتامین D و ترکیبی تق سیم شدند. دویدن تناوبی پرشدت با ۱۲ وهله یک دقیقه‌ای دویدن در شدت ۸۰-۹۰٪ ضربان قلب حداکثر با یک دقیقه استراحت فعال با شـدت ۵۰٪ ضـربان قلب حداکثر، سـه جلسـه در هفته و طی هشـت هفته انجام شـد. گروه‌های ویتامینD و ترکیبی، هفتگی ۵۰۰۰۰ واحد ویتامینD دریافت نمودند. سطوح IL10 و MDA قبل و پس از مداخله‌ها سنجیده شد. تجزیه و تحلیل یافته‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ در سطح معناداری P<۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌ها: سـطوح MDA در گروه‌هـــــای تمرین تناوبی، ویتامینD و ترکیبی بعد از ۸ هفته کاهش و مقادیر IL-10 افزایش معناداری یافت. اما مداخله ترکیبی تاثیر قوی‌تری بر تغییر سطوح متغیرها در مقایسه با دو مداخله دیگر، داشت. بعلاوه تاثیر دویدن تناوبی پرشدت بر کاهش MDA بیشتر از مصرف ویتامینD بود (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: به نظر می‌ر سد دویدن تناوبی پر شدت و م صرف ویتامینD می‌توانند اثرات حمایتی خود را در افراد ا ضافه وزن با کمبود ویتامینD، بواسـطه کاهش سـطوح MDA و افزایش شـاخص ضـد التهابی IL-10 اعمال نمایند. اگرچه این اثرات با مداخله ترکیبی توسعه یافت ولی دویدن تناوبی پرشدت با کاهش بیشتری در MDA همراه بود.

تعارض منافع: گزارش نشده است.

منبع حمایت‌کننده: حامی مالی ندارد.

کلیدواژه‌ها

تمرین تناوبی پرشدت،
اینترلوکین-۱۰،
پراکسیداسیون لیپیدی،
کمبود ویتامین D

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۱۹
تاریخ چاپ: ۱۴۰۲/۰۳/۲۰

شیوه استناد به این مقاله:

Keshvari R, Habibian M, Askari B. The Effect of High-Intensity Interval Training with Vitamin D Intake on Interleukin-10 and Lipid Peroxidation Levels in Overweight Women with Low Vitamin D Status: A Randomized Clinical Trial. Razi J Med Sci. 2023;30(3): 36-47.

*انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 3.0 صورت گرفته است.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-07-21]

Razi Journal of Medical Sciences. 2023;30(3):36-47. http://rjms.iums.ac.ir

Original Article

The Effect of High-Intensity Interval Training with Vitamin D Intake on Interleukin-10 and Lipid Peroxidation Levels in Overweight Women with Low Vitamin D Status: A Randomized Clinical Trial

Raheleh Keshvari: MA in Sport Physiology, Physical Education and Sports Sciences, Islamic Azad University, Qaemshahar Branch, Qaemshahar, Iran

Masoumeh Habibian: Associate Professor, Department of Physical Education and Sports Sciences, Islamic Azad University, Qaemshahar Branch, Qaemshahar, Iran (* Corresponding Author) habibian_m@yahoo.com

Babisan Askari: Assistant Professor, Department of Physical Education and Sports Sciences, Islamic Azad University, Qaemshahar Branch, Qaemshahar, Iran

Abstract

Background & Aims: Sedentary life and vitamin D deficiency are considered related factors to increased inflammation and oxidative stress in obese conditions. Being overweight and obese is determined by increased adipose tissue due to hypertrophy and hyperplasia of fat cells (1). Previous research has shown that overweight and obesity are associated with vitamin D deficiency (3). Vitamin D deficiency is one of the most important and common health problems associated with several diseases such as kidney disease, diabetes, cardiomyopathy and Alzheimer's disease. Vitamin D plays an important role in regulating several cellular pathways for the synthesis of antioxidants (4).The best biomarker to determine the status of vitamin D is the concentration of 25-hydroxyvitamin D. Serum levels below 20 ng /ml are defined as vitamin D deficiency (3).

Large adipocytes with complete local oxygen consumption induce hypoxia, which may lead to cellular inflammation and secretion of inflammatory cytokines by activating oxidative stress pathways (4). Oxidative stress, in turn, plays a causal role in obesity (6). A strong association between oxidative stress and vitamin D deficiency has been reported (8).Vitamin D has anti-inflammatory effects and affects inflammatory processes and immune cells through different pathways, including regulating the production of anti-inflammatory cytokines (12).

Interleukin 10(IL-10) is a potent anti-inflammatory cytokine that is synthesized in several organs (13). It has been observed in experimental studies that with obesity, serum IL-10 levels decreased in mice on a high-fat diet, and this reduction played a very important role in obesity-induced inflammation in other organs (15, 16). Exercise is recommended as an important non-pharmacological treatment for the prevention or treatment of obesity and its metabolic and somatic cellular complications (19). Systematic studies and available meta-analyzes have shown that high-intensity interval training (HIIT) has more significant effects on reducing abdominal and visceral fat and improving cardiorespiratory fitness in overweight and obese adults than moderate-intensity continuous exercise (21, 22). Today, lack of time is one of the main reasons for non-participation of people in regular sports activities (23). Due to the association of obesity and overweight with inflammatory factors and oxidative stress, it is necessary to conduct further studies focusing on the effect of low-risk and cheaper interventions such as HIIT and/or vitamin D consumption in the prevention or treatment of oxidative-inflammatory complications. Therefore, the present study investigated the HIIT with vitamin D intake on IL-10 and lipid peroxidation levels in overweight women with IL-10 deficiency.

Methods: This single-blind clinical trial was conducted on 52 overweight women with vitamin D deficiency and ages ranging 23-29 years old. After selecting the subjects by the available sampling method, they were randomly divided into control, interval, vitamin D and combination groups. The HIIT was performed with the 12x1-min running bouts at 80-90% maximum heart rate (HRmax) interspersed with 1-min active recovery at 50% HRmax in

Keywords
High-intensity Interval Training,
Interleukin-10,
Lipid Peroxidation,
Vitamin D Deficiency

Received: 08/04/2023

Published: 10/06/2023

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-07-21]

between bouts for 8 weeks. Vitamin D and combination groups took vitamin D once a week with food for 8 weeks (30).The vitamin D and combination groups received 50,000 IU of vitamin D per week (29). Levels of 25-hydroxyvitamin D less than 20 ng /ml were considered as vitamin D deficiency. Blood samples were collected in the pre- and post-test stages, followed by 12 hours of fasting and serum was frozen at -80 ° C. The serum was then frozen at -80 ° C and used to measure the research variables. Then, serum levels of variables were determined using a special commercial kit and laboratory methods. Malondialdehyde (MDA) levels were measured as an indicator of lipid peroxidation. One-way analysis of variance test with repeated measures and Bonferroni post hoc was also used to compare intergroup differences. In addition, the rate of change of variables was tested through Kruskal-Wallis and U Mann-Whitney tests. The significance level was considered $P<0.05$ and all statistical analysis was performed using SPSS software version 22.

Results: The results of one-way analysis of variance test with repeated measures showed that there is a significant difference between IL-10 and MDA levels of inactive women during the two stages before and after eight weeks, regardless of the group factor. Also, the effect of group (regardless of time factor) and the interactive effect of time×group on the levels of these variables are significant ($P<0.05$). The MDA levels in interval, vitamin D and combination groups decreased significantly and IL-10 levels increased significantly after 8 weeks($P<0.001$). But the combined intervention had a stronger effect on the change of MDA and IL-10 levels compared to the other two interventions ($P<0.001$). In addition, the effect of HIIT on decreasing MDA levels was greater than vitamin D intake ($P= 0.018$), and no significant difference was found between the amount of IL-10 changes in these two groups ($P=0.184$).

Conclusion: Both vitamin D deficiency (9) and obesity (33) cause overproduction of ROS, increasing oxidative stress. Reactive oxygen species (ROS) interacts with unsaturated lipids within the cell membrane and causes lipid peroxidation, which in turn significantly increases MDA levels, leading to the inactivation of many proteins and cellular receptors, causing cell membrane damage (34). Vitamin D can exert its strong anti-inflammatory activity by inhibiting the expression and activation of the pro-inflammatory transcription factor nuclear factor kappa B (NF-kB), which has optimal effects on oxidative stress (32). Regular exercise can greatly improve the efficiency of enzymatic and non-enzymatic antioxidant defense systems and enhance the body's ability to eliminate peroxidants. Exercise can inhibit NF-κB activation in human T cells by reducing ROS-producing factors, such as tumor necrosis factor-α (40). Exercise can also reduce oxidative stress by increasing the bioavailability of nitric oxide (42). However, the effect of HIIT on reducing MDA and consequent oxidative stress has been more effective than vitamin D supplementation, which may be related to the synergistic effects of these two interventions in the oxidation-antioxidant balance shift towards the superiority of antioxidant defense. It seems that HIIT and vitamin D intake can be exert their protective effects in overweight individuals with vitamin D deficiency by a decrease in the MDA and increasing the anti-inflammatory index of IL-10. Although these effects developed with combined intervention, but HIIT was associated with a greater reduction in MDA than vitamin D intervention.

Conflicts of interest: None
Funding: None

Cite this article as:

Keshvari R, Habibian M, Askari B. The Effect of High-Intensity Interval Training with Vitamin D Intake on Interleukin-10 and Lipid Peroxidation Levels in Overweight Women with Low Vitamin D Status: A Randomized Clinical Trial. Razi J Med Sci. 2023;30(3): 36-47.

*This work is published under CC BY-NC-SA 3.0 licence.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-07-21]

مقدمه

چاقی یک بیماری چند عاملی و التهابی است که با اختلالات متعدد در سلامتی همراه می‌با شد (۱). با این حال، شیوع چاقی عموما در زنان بیشتر از مردان است و زنان با شاخص توده بدنی بالا در معرض خطر ابتلا به سرطان سینه، بیماری‌های قلبی عروقی آترواسکلروتیک، دیابت نوع ۲، فشار خون بالا، اختلالات اسکلتی عضلانی، اختلالات غدد درون ریز، خطر ناباروری، و اختلال در عملکرد ریوی قرار دارند (۲). از سویی در تحقیقات قبلی نشان داده شد که اضافه وزنی و چاقی با کمبود ویتامین D همراه می‌باشد (۳). کمبود ویتامینD یکی از مشکلات مهم و رایج مربوط به سلامتی محسوب می شود که با چندین بیماری مانند بیماری‌های کلیوی، دیابت، کاردیومیوپاتی و آلزایمر مرتبط است (۴). غلظت ۲۵-هیدروکسی ویتامین D بهترین نشانگر زیستی جهت تعیین وضعیت ویتامین D است. مقادیر سرمی پایین تر از ۲۰ نانوگرم در میلی لیتر به عنوان کمبود ویتامین D و سطح ناکافی ویتامین D با مقادیر بین ۲۰ تا ۳۰ نانوگرم در لیتر مشخص می‌شود (۳).

هم چنین اضافه وزنی و چاقی با افزایش بافت چربی بواسطه هیپرتروفی و هیپرپلازی سلول های چربی تعیین می‌گردد و با التهاب و استرس اکسایشی ارتباط دارد (۱). اگرچه برخی از عوامل مرتبط با چاقی، ممکن است منجر به ایجاد التهاب سیستمیک شوند با این وجود به خوبی مشخص نیست که چاقی چگونه و چه موقع ممکن است آغازگر یک فزآیند التهابی باشد. یک استدلال بر این است که مصرف کامل اکسیژن موضعی توسط آدیپوسیت‌های بزرگ، منجر به هیپوکسی می‌شود که این امر ممکن است با فعال نمودن مسیرهای استرس اکسایشی منجر به بروز التهاب سلولی و ترشح سایتوکاین‌های التهابی گردد (۵). در شرایط چاقی بروز استرس اکسایشی ممکن است ناشی از عادات غذایی نادرست، هایپرگلیسمی، چربی خون باشد که نتیجه عدم تعادل آنتی اکسیدانی-پروکسیدان است که با افزایش تولید گونه های اکسیژن واکنشی (ROS:Reactive oxygen species) همراه می‌باشد (۶). فعال شدن واکنش های پراکسیداسیون لیپیدی در چاقی نیز با کمبود آنتی اکسیدان‌ها همراه است (۷). ویتامین D نقش مهمی در تنظیم چندین مسیر سلولی سنتز آنتی اکسیدان ها دارد از این جهت سطوح پایین ویتامینD ممکن است با افزایش آسیب سلولی ناشی از ROS همراه باشد (۴). از سوی دیگر ارتباط قوی بین استرس اکسایشی و کمبود ویتامین D گزارش شده است (۸). هیپوویتامینوز D عملکرد میتوکندریایی را مختل می سازد و منجر به افزایش استرس اکسیداتیو و التهاب سیستمیک می‌شود (۹) هم چنین کمبود ویتامین D، می‌تواند گیرنده محصولات نهایی گلیکاسیون پیشرفته (receptor for advanced RAGE:glycation end products) را فعال کند. RAGE می‌تواند استرس اکسیداتیو را با فعال سازی NADPH اکسیداز، که باعث تشکیل ROS می شود، افزایش دهد (۱۰). امروزه ویتامین D به عنوان یک درمان بالقوه برای بیماری های متابولیک در نظر گرفته می شود. فعالیت آنتی اکسیدانی ویتامین D ناشی از توانایی آن در تأثیرگذاری بر بیان ژن‌های دخیل در مکانیسم های دفاعی آنتی اکسیدانی است (۱۱). هم چنین ویتامین D یکی از عوامل محیطی قابل توجه است که دارای اثرات تعدیل کننده ایمنی و ضد التهابی است و بر فرآیندهای التهابی و سلول‌های ایمنی از مسیرهای مختلف از جمله تنظیم تولید سایتوکاین‌های ضدالتهابی اثر می‌گذارد (۱۲).

IL-10 اینترلوکین ۱۰(IL-10:Interleukin 10) یک سایتوکاین ضد التهابی قوی است که در چند اندام سنتز می‌شود (۱۳) این سایتوکاین تنظیمی با اثرات پلیوتروپیک خود، نقشی مهم و تعیین شده در تنظیم پاسخ سیستم ایمنی دارد و عملکرد اصلی آن محدود نمودن و در نهایت پایان دادن به پاسخ التهابی است (۱۴). در مطالعات تجربی مشاهده شد که با چاقی ناشی از رژیم غذایی پرچرب، سطح سرمی IL-10 در موش‌ها کاهش یافته بود و این کاهش اثر قابل توجه‌ای در التهاب ناشی از چاقی اندام های دیگر داشته است (۱۵، ۱۶). علاوه براین، ظرفیت تولید IL-10 در انسان با اختلال تحمل گلوکز و چاقی کاهش می یابد (۱۷) و رونویسی IL-10 توسط ۱،۲۵- دی هیدروکسی ویتامین D تنظیم می‌شود (۱۸).

فعالیت ورزشی یک شیوه درمانی مهم غیر دارویی است برای پیشگیری و یا درمان چاقی و عوارض سلولی متابولیکی و جسمانی مورد توصیه می‌باشد (۱۶). تمرین

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-07-21]

ورزشی منظم با شدت متوسط می‌تواند آسیب اکسایشی به بیومولکول‌هایی مانند لیپیدها، پروتئین‌ها و DNA را کاهش بخشد و باعث تولید آنتی اکسیدان های آنزیمی و غیر آنزیمی شود (۱۷). بررسی‌های سیستماتیک و متاآنالیزهای موجود نشان می‌دهد که تمرینات تناوبی با شدت زیاد(high-intensity intermittent exercise HIIT:) نسبت به تمرینات تداومی با شدت متوسط تأثیرات قوی‌تری بر کاهش چربی شکمی و احشایی و بهبود تناسب قلبی تنفسی در بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق دارد (۲۱، ۲۲). برخی از محققین نشان دادند که HIIT با میزان تغییرات مشابه در چربی بدن و دور کمر بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق، می تواند ۴۰ درصد از زمان انجام تمرینات تداومی با شدت متوسط را صرفه جویی کند (۲۳).

کمبود ویتامین D در افراد چاق یا دارای اضافه وزن بسیار رایج است که این امر می تواند عملکرد جسمانی این افراد را تحت الشعاع قرار دهد (۲۴). اگرچه اثرات ضد التهابی-اکسایشی فعالیت ورزشی از مسیر تاثیر بر سایتوکاین ضدالتهابی IL-10 (۲۵، ۲۶) و میزان پراکسیداسیون لیپیدی (۲۷، ۲۸) در مطالعات متعدد بررسی شده است، اما امروزه کمبود وقت یکی از دلایل اصلی عدم مشارکت اقشار مردم در فعالیت ورزشی منظم و بهره مندی از این سبک زندگی برشمرده می شود. با توجه به اثربخشی مشابهHIIT و تمرینات تداومی با شدت متوسط بر توده چربی بدن و دور کمر بزرگسالان چاق و یا دارای اضافه وزن، HIIT به عنوان یک جزء کارآمد زمان در برنامه‌های مدیریت وزن مورد توصیه می‌باشد (۲۳). لذا با توجه به ارتباط چاقی و اضافه وزن با عوامل مرتبط به بروز التهاب و استرس اکسایشی، انجام مطالعات بیشتر در خصوص تاثیر مداخله های کم خطر و ارزان تر هم چون تمرینات تناوبی و مصرف ویتامین D در پیشگیری و یا درمان عوارض اکسایشی- التهابی مرتبط با کمبود ویتامین D و اضافه وزنی ضروری به نظر می رسد. بنابراین در تحقیق حاضر اثربخشی دویدن تناوبی پرشدت همراه با مصرف ویتامین D برسطوح IL-10 و شاخص پراکسیداسیون لیپیدی در زنان دارای کمبود ویتامین D مورد مطالعه قرار گرفت.

روش کار

این مطالعه کارآزمایی بالینی بر روی زنان جوان غیر فعال دارای اضافه وزن در سال ۱۴۰۰ و با طرح پیش آزمون- پس آزمون همراه با گروه کنترل صورت گرفت، آزمودنی‌ها ابتدا به صورت درد سترس و هدفمند از بین زنان جوان(با دامنه سنی ۲۳ تا ۲۹ سال) مراجعه کننده به باشگاه های ورزشی شهر بابل انتخاب شدند و به صورت تصادفی در گروه های کنترل، تمرین تناوبی، مکمل ویتامین D و ترکیبی(تمرین - ویتامین D) قرار گرفتند(۱۳ نفر در هر گروه). حجم نمونه با مرور مطالعات قبلی و استفاده از نرم افزار جی پاور با لحاظ نمودن توان آزمون ۰/۸، آلفای معادل۰/۰۵ و اندازه اثر ۰/۵ ، ۴۸ نفر تخمین زده شد که با احتیاط بیشتر و امکان ریزش ۱۳ نفر در هر گروه در نظر گرفته شد (۲۹).

داشتن شاخص توده بدنی بین ۲۵ تا ۲۹ کیلوگرم/مترمربع، عدم شرکت در فعالیت منظم ورزشی طی شش ماه گذشته، عدم ابتلا به بیماری های قلبی و عروقی، پرفشارخونی و بیماری‌های التهابی، داشتن سطوح ۲۵-هیدروکسی ویتامین D کمتر از ۲۰ نانوگرم/میلی لیتر از جمله معیارهای ورود به مطالعه بودند. هم چنین مصرف هر گونه دارو یا مکمل خاص، بارداری و عدم شرکت در دو جلسه تمرین ورزشی و کشیدن سیگار از جمله معیارهای خروج از مطالعه بودند. این مطالعه با کد IRCT20190831044650N3 در مرکز ثبت کارآزمایی بالینی ایران ثبت شده و دارای کد اخلاق IR.IAU.SARI.REC.1400.143 است.

شاخص توده بدنی از تقسیم وزن فرد (کیلوگرم) به مجذور قد (متر) محاسبه شد. کلیه اندازه گیری ها در صبح (در ساعات ۹ تا ۱۰) انجام شد. درصد چربی بدن آزمودنی ها با استفاده از کالیپر یاگامی ساخت کشور ژاپن (با دقت۱میلی متر) و از طریق اندازه گیری ضخامت چربی زیر جلدی به روش سه نقطه ای(در سه ناحیه از بدن سه سربازویی، ران و فوق خاصره) جکسون و پولاک (۱۹۸۵) با سه بار اندازه گیری از سمت راست

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-07-21]

بدن آزمودنی‌ها، تعیین میانگین و فرمول برآوردی درصد چربی بدن برآورد شد(۲۷).

(سن)۰/۰۰۰۱۳۹۲-۲(مجموع سه چین پوستی)۰/۰۰۰۰۲۳+(مجموع سه چین پوستی)۰/۰۰۰۹۹۲۹-۱/۰۹۹۴۹۲= چگالی بدن

درصدچربی بدن= (۴/۹۵/چگالی بدن-۴/۵)×۱۰۰

پروتکل برنامه دویدن تناوبی در هر جلسه شامل پنج دقیقه گرم کردن، تمرین اصلی و پنج دقیقه سرد کردن بود که سه جلسه در هفته و به مدت هشت هفته انجام شد. گرم و سرد کردن طی پنج دقیقه با دویدن در شدتی معادل ۵۰ در صد ضربان قلب حداکثر انجام می شد. تمرین اصلی نیز شامل وهله های یک دقیقه ای دویدن های سرعتی با شدت ۸۰ تا ۹۰ در صد ضربان قلب حداکثر همراه با یک دقیقه استراحت فعال با شدت ۵۰ درصد ضربان قلب حداکثر بین وهله ها بود. آزمودنی ها در هفته اول، برنامه دویدن با را با شدتی معادل ۸۰ درصد ضربان قلب حداکثر با ۶ تکرار یک دقیقه ای همراه با یک دقیقه ا ستراحت فعال با شدت ۵۰ در صد ضربان قلب حداکثر شروع نمودند که با افزایش تدریجی ۵ درصد به شدت تمرین، ۳ تکرار در هر دو هفته، شدت دویدن در هفته ششم به ۹۰ درصد ضربان قلب حداکثر و تعداد وهله ها به ۱۲ تکرار افزایش یافت و تا هفته آخر ادامه یافت(۳۰). بعلاوه کنترل ضربان قلب در طی تمرینات با استفاده از ضربان سنج انجام می شد و حداکثر ضربان قلب شرکت کنندگان با استفاده از رابطه (سن−۲۲۰) تعیین گردید.

گروه های ویتامین D و ترکیبی پرل ویتامین D، IU 50000 و گروه های کنترل و تمرین پرل حاوی پارافین خوراکی (هر دو ساخت شرکت داروسازی زهراوی- ایران) یک بار در هفته همراه با غذا و به مدت ۸ هفته میل نمودند (۲۹).

بدنبال ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه، در دو مرحله پیش و پس آزمون (۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین)، نمونه‌های خونی آزمودنی ها از ورید بازویی دست چپ در وضعیت نشسته و پس از ۱۵ دقیقه استراحت، در صبح جمع آوری شد (۵ سی سی). سپس سرم حاصل در دمای ۸۰- درجه سانتی گراد منجمد و برای اندازه گیری متغیر های تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر ۲۵-هیدروکسی ویتامینD به روش الایزا و استفاده از کیت ساخت شرکت پادتن گستر ایثار کشور ایران و با حساسیت ۲/۶ نانوگرم/میلی لیتر تعیین شد. هم چنین سطوح IL10 با استفاده از روش الایزا و کیت تجاری اندازه گیری ویژه IL-10 (Human IL-10 ELISA Kit) ساخت شرکت کارمانیا پارس ژن(gene pars Karmania) کشورایران با حساسیت ۲ پیکوگرم/میلی لیتر اندازه گیری شد. سطوح مالون دی آلدئید (Malondialdehyde:MDA) به عنوان شاخص پراکسیداسیون لیپیدی با استفاده از کیت تجاری اندازه گیری ویژه (Malondialdehyde assay kit) ساخت شرکت طب پژوهان رازی (TEB PAZHOUHAN RAZI) کشورایران تعیین شد.

روش های آماری: طبیعی بودن توزیع داده ها و تجانس واریانس ها به ترتیب با استفاده آزمون های شاپیرو ویلک و لوین بررسی شد. هم چنین از آزمون تحلیل واریانس یک راهه با اندازه گیری های مکرر و تعقیبی بن فرونی برای مقایسه تغییرات بین گروهی استفاده گردید. علاوه براین میزان تغییرات متغیرها از طریق آزمون های کروسکال والیس (یو من ویتنی برای داده های غیر طبیعی) مورد آزمون قرار گرفت. سطح معنا داری $P<۰/۰۵$ در نظر گرفته شد و کلیه تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

یافته‌ها

شاخص های آنتروپومتری و سطح ۲۵-هیدروکسی ویتامین D آزمودنی های گروه‌های تحقیق در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج حاصل از آزمون آنالیز واریانس یک راهه بیانگر همسان بودن این ویژگی ها در وضعیت پایه است.

نتایج آزمون تحلیل واریانس یک راهه با اندازه گیری های مکرر نشان داد بین سطوح IL-10 و MDA زنان غیرفعال طی دو مرحله قبل و پس از هشت هفته صرف نظر از عامل گروه تفاوت معناداری وجود دارد (جدول ۲). هم چنین اثر گروه (صرف نظر از عامل زمان) و اثر

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-07-21]

جدول ۱- ویژگی های آنتروپومتری و وضعیت ویتامین D آزمودنی ها بر حسب شاخص های مرکزی و انحراف استاندارد در وضعیت پایه

گروه	قد (سانتی متر)	وزن (کیلوگرم)	سن(سال)	BMI (کیلوگرم/ مترمربع)	درصد چربی	۲۵-هیدروکسی ویتامین D (نانوگرم/میلی لیتر)
کنترل	۱۶۷/۴±۹۲/۵۹	۷۶/۵±۲۳/۰۳	۲۶/۱±۱۵/۹۵	۲۷/۱±۰۲/۰۲	۳۲/۱±۶۹/۳۸	۱۴/۴±۵۹/۰۴
ویتامین D	۱۶۷/۶±۴۶/۵۰	۷۶/۵±۸۵/۹۶	۲۶/۲±۳۸/۱۴	۲۷/۱±۳۸/۰۴	۳۳/۱±۳۸/۱۲	۱۴/۳±۹۴/۹۷
تمرین تناوبی	۱۶۴/۴±۰۸/۴۱	۷۵/۴±۱۶/۷۸	۲۶/۱±۰۴/۸۹	۲۷/۰±۹۰/۸۷	۳۳/۱±۸۴/۰۷	۱۵/۳±۰۸/۷۶
تمرین‌تناوبی+ویتامین D	۱۶۵/۵±۲۳/۴۹	۷۵/۴±۴۶/۲۸	۲۵/۱±۴۶/۸۵	۲۷/۱±۶۵/۱۴	۳۳/۱±۰۰/۲۵	۱۵/۳±۴۹/۵۹
ارزش F	۱/۵۳۵	۰/۲۹۲	۰/۵۲۰	۱/۷۸۰	۲/۲۳۰	۰/۱۲۰
ارزش P*	۰/۲۱۷	۰/۸۳۱	۰/۶۷۱	۰/۹۶۴	۰/۰۹۷	۰/۹۴۸

**: ارزش Pحاصل از آزمون آنالیز واریانس یک راهه

جدول ۲- نتایج آزمون تحلیل واریانس یک راهه با اندازه گیری های مکرر

	IL-10			MDA		
اثر	نسبت F	p	اندازه اثر	نسبت F	P	اندازه اثر
زمان	۵۷۰/۴۸۶	۰/۰۰۰*	۰/۹۲۲	۵۳۹/۸۹۶	۰/۰۰۰*	۰/۹۱۸
گروه	۲/۹۵۷	۰/۰۴۲*	۰/۱۵۶	۶/۹۸۸	۰/۰۰۰*	۰/۸۳۷
گروه ×زمان	۹۶/۲۲۸	۰/۰۰۰*	۰/۸۵۷	۸۹/۳۲۹	۰/۰۰۱*	۰/۳۰۴

جدول ۳- مقایسه درون گروهی و بین گروهی تغییرات متغیرهای مورد مطالعه در سطوح پایه و بعد از ۸ هفته

متغیر	گروه‌ها	پیش آزمون	پس آزمون	درصد تغییرات	مقایسه بین گروهی درصد تغییرات IL-10
IL10 (پیکوگرم/میلی لیتر)	تمرین	۱۱/۲±۱۵/۰۷	۱۵/۲±۰۸/۷۸	٪ ۳۵/۵±۳۵/۱۹	P<۰/۰۰۱
	ویتامین D	۱۱/۲±۳۱/۰۱	*۱۳/۲±۴۰/۱۲	٪ ۱۹/۵±۰۸/۴۸	
	تمرین +ویتامین D	۱۱/۱±۴۶/۸۹	&*۱۶/۳±۱۵/۲۹	٪ ۴۰/۵±۷۱/۱۸	χ۲=۳۳/۷۵۲
	کنترل	۱۱/۱±۳۸/۷۶	۱۱/۱±۲۵/۶۵	٪ -۱/۱±۰۲/۲۹	
MDA (نانرمول/میلی لیتر)	تمرین	۴/۰±۵۸/۹۱	*۳/۰±۴۰/۸۱	٪-۲۶/۵±۰۷/۵۹	P<۰/۰۰۱
	ویتامین D	۴/۰±۵۰/۶۵	*۳/۰±۵۶/۶۲	٪-۲۱/۴±۰۸/۰۲	
	تمرین + ویتامین D	۴/۰±۴۴/۹۶	#&*۲/۰±۶۰/۵۶	٪-۴۱/۴±۴۰/۶۵	χ۲=۴۴۲/۲۲۹
	کنترل	۴/۰±۸۱/۷۱	۴/۰±۸۳/۷۰	٪۰/۰±۴۵/۵۱	

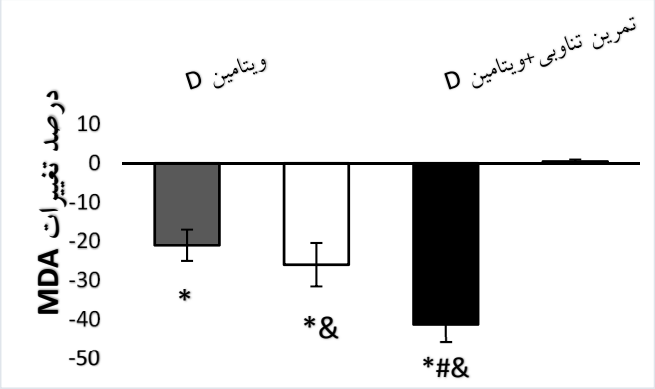
سطوح سرمی متغیرها بر اساس میانگین و انحراف استاندارد نشان داده شد؛ *: اختلاف معنادار با گروه کنترل؛ &: اختلاف معنادار با گروه ویتامین D؛ #: اختلاف معنادار با گروه تمرین

تعاملی گروه ×زمان بر سطوح این متغیرها معنادار است.

نتایج حاصل از مقایسه دو به دو (آزمون بن فرونی) حاکی از وجود اختلاف معنادار بین سطوح MDA گروه های تمرین تناوبی (P<۰/۰۰۱)، و ویتامین D (P<۰/۰۰۱) و ترکیبی (P<۰/۰۰۱) با گروه کنترل در پس آزمون است. بعلاوه سطوح MDA در گروه ترکیبی در مقایسه با گروه‌های ویتامین D (P=۰/۰۰۴) و تمرین تناوبی (P=۰/۰۲۴) به طور معناداری پایین‌تر بوده است.

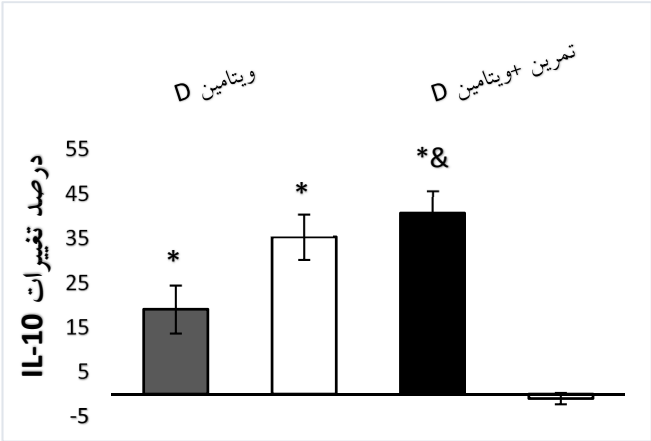
هم چنین میانگین IL-10 گروه‌های ترکیبی (P<۰/۰۰۱) و تمرین تناوبی (P=۰/۰۰۲) در پس آزمون، به طور معناداری بالاتر از گروه کنترل بوده است. افزون بر این، تفاوت معناداری بین میانگین IL-10 گروه‌های مداخله ترکیبی با ویتامین D (P =۰/۰۴۸) مشاهده شد اما اختلافی بین گروه‌های ویتامین D با کنترل

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-07-21]



شکل ۱- درصد تغییرات سطوح MDA در گروه های تحقیق

*:اختلاف معنادار با گروه کنترل؛ & :اختلاف معنادار با گروه ویتامین D؛ # :اختلاف معنادار با گروه تمرین



شکل ۲- درصد تغییرات سطوح IL-10 در گروه های تحقیق

*:اختلاف معنادار با گروه کنترل؛ & :اختلاف معنادار با گروه ویتامین D؛ # :اختلاف معنادار با گروه تمرین

(P =۰/۱۹۷)، تمرین تناوبی با گروه های مکمل ویتامین D (P =۰/۵۸۸) و ترکیبی (۱/۰۰۰) وجود نداشته است.

علاوه براین نتایج حاصل از آزمون حاصل از کروسکال والیس بیانگر وجود اختلاف معنادار بین درصد تغییرات سطوح IL-10 و MDA در گروه های تحقیق بود(جدول ۳). مقایسه دو به دو حاکی از وجود اختلاف معنادار بین درصد تغییرات سطوح IL-10 (P<۰/۰۰۱) و MDA (P<۰/۰۰۱) گروه‌های تجربی با گروه کنترل بود. با این وجود درصد تغییرات IL-10 و MDA در گروه ترکیبی در مقایسه با دو گروه تمرین تناوبی (P<۰/۰۰۱) و مکمل ویتامین D (P<۰/۰۰۱) به طور معناداری بیشتر بود. اما تفاوت معناداری بین دو گروه تمرین تناوبی و مکمل ویتامین D تنها در درصد تغییرات MDA مشاهده شد (P=۰/۰۱۸، شکل ۱) و اختلاف معناداری بین میزان تغییرات IL-10 در این دو گروه وجود نداشت (p=۰/۱۸۴، شکل ۲).

بحث

در تحقیق حاضر تاثیر تمرینات منظم تناوبی همراه با مصرف ویتامین D بر سطوح سایتوکاین ضدالتهابی IL-10 و شاخص پراکسیداسیون لیپیدی (MDA) زنان دارای اضافه وزن با کمبود ویتامین D مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد بعد از ۸ هفته مصرف ویتامین D، میزان پراکسیدا سیون لیپیدی در زنان دارای اضافه مبتلا به نقص ویتامین D کاهش معناداری یافت و سطوح سایتوکاین ضد التهابی IL-10 افزایش قابل

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-07-21]

توجهی یافت. این یافته ها اشاره بر نقش آنتی اکسیدانی و ضدالتهابی ویتامین D در شرایط اضافه وزنی همراه با نقص ویتامینD در زنان به ظاهر سالم دارد. چنین اثرات مشابه ویتامین D در مطالعات قبلی گزارش شده است. در این راستا دباغ زاده و همکاران (۳۱) در یک مطالعه یک کارآزمایی بالینی تصادفی دوسوکور بر روی دانشجویان نشان دادند که میزان MDA پس از ۸ هفته مصرف مکمل ویتامینD (دو پرل ۵۰ هزار واحد ویتامین D در شروع و ۴ هفته بعد از درمان) کاهش یافت. بعلاوه در یک مطالعه متاآنالیز گزارش شده است که مصرف مکمل ویتامین D با کاهش سطوح MDA در مقایسه با گروه کنترل همراه بوده است (۳۲).

هنگامی که وضعیت ویتامین D کافی باشد، بسیاری از فعالیت های مرتبط با استرس اکسایشی درون سلولی کاهش می یابد. در واقع غلظت‌های کمتر از حد مطلوب ۲۵-هیدروکسی ویتامینD سرمی نمی تواند شرایط استرس اکسایشی را تحت الشعاع قرار دهد، بنابراین آسیب اکسایشی داخل سلولی و سرعت آپوپتوز را افزایش می یابد (۹). نقص ویتامین D (۹) و هم چنین چاقی (۳۳) در هر دو باعث تولید بیش از حد ROS و در نتیجه افزایش استرس اکسایشی می شود. ROS با لیپیدهای غیر اشباع درون غشای سلولی تعامل دارد و باعث پراکسیداسیون لیپیدی می شود. در نتیجه، سطح MDA به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد که منجر به غیرفعال شدن بسیاری از پروتئین‌ها و گیرنده‌های سلولی، و در نتیجه باعث آسیب غشای سلولی می‌شود(۳۴). به نظر می رسد که ویتامین D به دلیل داشتن ساختاری مشابه با کلسترول و ارگوسترول می‌تواند به عنوان یک عامل آنتی اکسیدانی غشایی عمل نماید و پراکسیداسیون لیپید لیپوزومی وابسته به آهن مهار نماید هم چنین ویتامین D، قادر است که فعالیت ضد التهابی قوی خود را از طریق مهار بیان و فعال سازی فاکتور رونویسی پیش التهابی فاکتور هسته ای کاپا B (NF-kB) اعمال کند که اثرات بهینه‌ای بر استرس اکسایشی دارد (۳۲).

مشابه با نتایج تحقیق حاضر افزایش سطوح IL-10 در مردان چاق دارای سطوح پایین تر از نرمال ویتامین D، متعاقب هشت هفته مصرف ویتامین D (۵۰۰۰۰ واحد، یک‌بار در هفته) توسط محققین دیگر گزارش شده است (۲۹). هم چنین افزایش میزان IL-10 در بیماران مبتلا به مولیپل اسکلروز و یا افراد سالم دارای نقص ویتامین Dپس از ۸ ماه مصرف مکمل ویتامین D با دوز ۵۰۰۰۰ واحد ویتامین D در هفته مشاهده شده است (۳۵). بعلاوه یافته ها تحقیق حاضر نشان داد که ۸ هفته تمرین تناوبی شامل دویدن های پرشدت با کاهش شاخص پراکسیداسیون لیپیدی و افزایش IL-10 در زنان جوان که کمبود ویتامین داشتند، همراه بوده است که مشابه با یافته های حاصل از مطالعات دیگر می باشد. پیش از این افزایش سطوح IL-10 پس از ۶ هفته تمرینی تناوبی شدید (با شدت ۸۵ تا ۹۰ درصد ضربان قلب حداکثر) در مردان دارای اضافه وزن (۲۵)، متعاقب ۶ و ۱۲هفته تمرین هوازی مداوم با شدت ۶۰ الی ۷۵ درصد ضربان قلب حداکثر در زنان چاق (۳۶) و یا ۸ هفته تمرین پیلاتس در مردان دارای اضافه وزن با سطوح پایین ویتامین D (۲۹) توسط محققین دیگر گزارش شده است. هم چنین قربانیان و همکاران (۳۷) نشان دادند که شاخص پراکسیداسیون لیپیدی(MDA) در دختران غیرفعال اضافه‌وزن و چاق پس از ۸ هفته تمرین تناوبی استقامتی فزاینده (طناب زنی) کاهش یافت. افزون بر این کاهش معنادار غلظت MDA در زنان مسن غیرفعال پس از هشت هفته تمرین مقاومتی فزاینده (۲۷)، گزارش شده است. با این وجود در یک مطالعه انجام شده در خصوص شدت و مدت پروتکل‌های تمرینی، مشاهده شده است که فعالیت ورزشی با شدت بالاتر و یا مدت طولانی می تواند منجر به افزایش بیشتر شاخص های آنتی اکسیدانی شود (۳۸). اما به نظر می رسد که تمرینات منظم تناوبی دویدن با شدت زیاد در تحقیق حاضر منجر به کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و در نتیجه استرس اکسایشی شد. در تحقیقات قبلی نشان داده است که تمرین تناوبی با شدت بالا باعث ایجاد سازگاری های فیزیولوژیکی متعددی می شود که ظرفیت ورزشی به عنوان مثال حداکثر اکسیژن مصرفی، استقامت هوازی، ظرفیت بی هوازی و غیره) و سلامت متابولیک در هر دو گروه جمعیت‌های بالینی و

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-07-21]

سالم (ورزشکاران، افراد فعال و غیرفعال بدون هیچ گونه بیماری ظاهری یا بی نظمی) بهبود می‌بخشد (۳۹). اگرچه در تحقیق حاضر شاخص‌های دفاع آنتی‌اکسیدانی مورد مطالعه قرار نگرفت که از محدودیت‌های تحقیق حاضر نیز محسوب می شود، اما در مطالعات قوی گزارش شده است که فعالیت ورزشی منظم می‌تواند کارایی سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی را تا حد زیادی بهبود بخشد و توانایی بدن برای حذف پرواکسیدان‌ها را تقویت می کند. فعالیت ورزش می تواند با کاهش عوامل تولید کننده ROS، مانند فاکتور نکروز تومور-α، فعال شدن NF-kB سلول T انسانی را مهار کند (۴۰). NF-kB یک فاکتور رونویسی که توسط وضعیت ردوکس سلول تعدیل می‌شود ودر پاسخ‌های سلولی به وضعیت سیستم استرس اکسایشی و عوامل تولید کننده ROS از جمله شاخص‌های التهابی، شرکت می‌کند (۴۱). هم چنین فعالیت ورزشی با افزایش فراهمی زیستی نیتریک اکسید، می تواند استرس اکسایشی را کاهش می‌دهد (۴۲).

از سویی یافته های تحقیق حاضر نشان داد که در گروه مداخله ترکیبی درصد تغییرات IL-10 و MDA در مقایسه با دو گروه تمرین تناوبی و ویتامین D به طور قابل توجهی بالاتر بود که بیانگر تاثیر قوی‌تر مداخله ترکیبی تمرینات دویدن تناوبی و ویتامین D بر بهبود وضعیت اکسایشی-التهابی آزمودنی‌های تحقیق حاضر می باشد. بعلاوه تاثیر تمرینات تناوبی بر کاهش MDA و در نتیجه استرس اکسایشی موثرتر از مکمل ویتامین D بوده است که ممکن است به اثرات سینرژیکی این دو مداخله در شیفت تعادل اکسایشی- ضد اکسایشی به سمت برتری دفاع آنتی اکسیدانی مربوط شود. مشابه با تحقیقات حاضر کلوندی و همکاران (۴۳) نشان دادند که مداخله ترکیبی تمرین مقاومتی و مصرف ویتامین D (دو هفته یکبار کپسول ۵۰۰۰۰ واحد) با تاثیر بیشتری در کاهش MDA در مقایسه با مداخله‌های صرف تمرین و یا مصرف ویتامین D در مردان تمرین نکرده با سطوح ویتامین D پایین تر از نرمال، همراه بوده است. هم چنین گزارش شده است که مداخله ترکیبی تمرین پیلاتس (با شدت ۵۰-۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره، سه جلسه در هفته) همراه با مصرف ویتامین D (۵۰۰۰۰ واحد و یکبار در هفته) منجر به افزایش بیشتر سطوح IL-10 در مردان چاق دارای سطوح پایین تر از نرمال ویتامین D، در مقایسه با دو مداخله درمانی تمرینی و مصرف ویتامین D شد (۲۹). تحقیق حاضر با محدودیت‌هایی از جمله تعداد کم آزمودنی‌ها و هم چنین وضعیت نامطلوب سطوح ویتامینD در آنان می باشد و لازم است جهت دست یابی به نتایج قطعی تحقیقات گسترده‌تر با تعداد بیشتری از آزمودنی‌ها با وضعیت‌های نرمال و غیرنرمال از سوی محققین دیگر انجام شود.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج تحقیق حاضر هر سه شیوه درمانی دویدن های تناوبی با شدت زیاد، مصرف ویتامین D و ترکیبی از این دو مداخله می‌تواند به کاهش شاخص پراکسیداسیون لیپیدی و افزایش سطوح IL-10. در زنان دارای اضافه وزن دارای نقص ویتامین D منجر شود. با این حال تاثیر مداخله ترکیبی در بهبود وضعیت ضداکسایشی و ضدالتهابی در مقایسه با دو شیوه دیگر موثرتر بوده است. هم چنین تاثیر دویدن های تناوبی بر کاهش استرس اکسایشی در مقایسه با مصرف ویتامین D قوی تر بوده است اما هر دو مداخله تاثیر مشابهی بر شاخص ضدالتهابی IL-10 داشتند. به نظر می رسد هر یک مداخله های صرف و ترکیبی در تحقیق حاضر می تواند به کاهش استرس اکسایشی و التهابی تا حدی از طریق کاهش MDA و تنظیم مثبت IL-10کمک نماید.

تعارض منافع: هیچ گونه تعارض منافع از سوی نویسندگان بیان نشده است.

تقدیر و تشکر

این مقاله برگرفته از پایان نامه ارشد فیزیولوژی ورزشی است و بدین وسیله محققین از تمامی افرادی که به نوعی ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌شود.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-07-21]

References

1. Siriwardhana N, Kalupahana NS, Cekanova M, LeMieux M, Greer B, Moustaid-Moussa N. Modulation of adipose tissue inflammation by bioactive food compounds. J Nutr Biochem. 2013; 24(4): 613–623.

2. Bustami M, Matalka KZ, Mallah E, Abu-Qatouseh L, Abu Dayyih W, Hussein N, et al. The Prevalence of Overweight and Obesity Among Women in Jordan: A Risk Factor for Developing Chronic Diseases. J Multidiscip Healthc. 2021;14:1533-1541.

3. Rull A, Camps J, Alonso-Villaverde C, Joven J. Insulin resistance, inflammation, and obesity: role of monocyte chemoattractant protein-1 (or CCL2) in the regulation of metabolism. Mediators Inflamm. 2010;2010:326580.

4. Colak E, Pap D, Nikolić L, Vicković S. The impact of obesity to antioxidant defense parameters in adolescents with increased cardiovascular risk. J Med Biochem. 2020;39(3):346-354.

5. Darenskaya MA, Rychkova LV, Semenova N, Kolesnikova LI, Kolesnikov S.Parameters of lipid metabolism and antioxidant status in adolescent mongoloids with exogenous-constitutional obesity. Free Radic Biol Med. 2020; 159: S66-S67.

6. Berridge MJ. Vitamin D cell signalling in health and disease. Biochem Biophys Res Commun. 2015; 460 (1): 53–71.

7. Sempos CT, Heijboer AC, Bikle DD, Bollerslev J, Bouillon R, Brannon PM, et al. Vitamin D assays and the definition of hypovitaminosis D: Results from the First International Conference on Controversies in Vitamin D. Br. J. Clin. Pharmacol. 2018;84: 2194–207.

8. Grunwald T, Fadia S, Bernstein B, Naliborski M, Wu S, Luca F. Vitamin Dsupplementation, the metabolic syndrome and oxidative stress in obese children. J Pediatr Endocrinol Metab. 2017; 30(4):383-88.

9. Wimalawansa SJ. Vitamin D Deficiency: Effects on Oxidative Stress, Epigenetics, Gene Regulation, and Aging. Biology (Basel). 2019;8(2):30.

10. Câmara AB, Brandão IA. The relationship between vitamin D deficiency and oxidative stress can be independent of age and gender. Int J Vitam Nutr Res. 2021;91(1-2):108-23.

11. Szymczak-Pajor I, Miazek K, Selmi A, Balcerczyk A, Śliwińska A. The Action of Vitamin D in Adipose Tissue: Is There the Link between Vitamin D Deficiency and Adipose Tissue-Related Metabolic Disorders? Int J Mol Sci. 2022;23(2):956.

12. Liu W, Zhang L, Xu HJ, Li Y, Hu CM, Yang JY, et al. The Anti-Inflammatory Effects of Vitamin D in Tumorigenesis. Int J Mol Sci. 2018;19(9):2736.

13. Pestka S, Krause CD, Sarkar D, Walter MR, Shi Y, Fisher PB. Interleukin-10 and related cytokines and receptors. Annu Rev Immunol. 2004;22:929-79.

14. Febbraio MA. Role of interleukins in obesity: implications for metabolic disease. Trends Endocrinol Metab. 2014;25(6):312-9.

15. Gotoh K, Inoue M, Shiraishi K, Masaki T, Chiba S, Mitsutomi K, et al. Spleen-derived interleukin-10 downregulates the severity of high-fat diet-induced non-alcoholic fatty pancreas disease. PLoS One. 2012;7:e53154.

16. Gotoh K, Inoue M, Masaki T, Chiba S, Shimasaki T, Ando H, et al. A novel antiinflammatory role for spleen-derived interleukin-10 in obesity-induced hypothalamic inflammation. J Neurochem. 2012;120:752-764.

17. Hu YF, Yeh HI, Tsao HM, Tai CT, Lin YJ, Chang SL, et al. Electrophysiological correlation and prognostic impact of heat shock protein 27 in atrial fibrillation. Circ Arrhythm Electrophysiol. 2012;5:334–40.

18. Walawska-Hrycek A, Galus W, Hrycek E, Kaczmarczyk A, Krzystanek E. The Impact of Vitamin D Low Doses on Its Serum Level and Cytokine Profile in Multiple Sclerosis Patients. J Clin Med. 2021;10(13):2781.

19. Delwing-de Lima D, Ulbricht ASSF, Werlang-Coelho C, Delwing-Dal Magro D, Joaquim VHA, Salamaia EM, et al. Effects of two aerobic exercise training protocols on parameters of oxidative stress in the blood and liver of obese rats. J Physiol Sci. 2018;68(5):699-06.

20. Duggan C, Tapsoba JD, Wang CY, Campbell KL, Foster-Schubert K, Gross MD, et al. Dietary Weight Loss, Exercise, and Oxidative Stress in Postmenopausal Women: A Randomized Controlled Trial. Cancer Prev Res (Phila). 2016 (11):835-43.

21. Roy M, Williams SM, Brown RC, Meredith-Jones KA, Osborne H, Jospe M, et al. High-intensity interval training in the real world: outcomes from a 12-month intervention in overweight adults. Med. Sci. Sports Exerc.2018; 50(9):1818–26.

22. Maillard F, Pereira B, Boisseau N. Effect of high-intensity interval training on total, abdominal and visceral fat mass: a meta-analysis. Sports Med. 2018; 48(2): 269–88.

23. Wewege M, van den Berg R, Ward RE, Keech, A. The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. Obes. Rev. 2017;18: 635-646.

24. Babaei P, Damirchi A, Hoseini R. The interaction effects of aerobic exercise training and vitamin D supplementation on plasma lipid profiles and insulin resistance in ovariectomized rats. J Exerc Nutrition Biochem. 2015;19(3):173-82.

25. Mombini H, Eslami Farsani M, Ab Abzadeh Sh, Barzegar H, Vahdat H. Effect of High-intensity Interval Training (HIIT) on the levels of irisin and

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-07-21]

Interleukin-10 in overweight men. Qom Univ Med Sci J 2018;12(2):35-44.(Persian)
26. Behboudi L, Izadi M. The effect of six weeks aerobic training on body composition and serum level of IL-10 in middle-aged obese females. IJOGI 2017;20(8): 51-60. (Persian)
27. Ahmadi kakavandi M, Azizbeigi K, Qeysari S F. The Effects of Progressive Resistance Training on Malondialdehyde Concentration and Superoxide Dismutase Enzyme Activity in Inactive Elderly Women. payavard. 2019; 13 (2):151-59. (Persian)
28. Mohebbi H, Safari Mosavi S, Rohani H. The Effect of 12 Weeks Continuous Training at Fatmax Intensity or Anaerobic Threshold, and High Intensity Interval Training on Fat Burning Capacity in Pre-Diabetic Patients. Sport Physiology.2019;11(41):31-46. (Persian)
29. Khodadoust M, Habibian M. Investigating the Changes of Tumor Necrosis Factor-α and Interleukin-10 After 8 Weeks of Regular Pilates Exercise and Vitamin D Intake in Overweight Men: A Randomized Clinical Trial. J Arak Uni Med Sci.2020; 23 (6):888-901. (Persian)
30. Poon ETC, Siu PMF, Wongpipit W, Gibala M, Wonga SHS. Alternating high-intensity interval training and continuous training is efficacious in improving cardiometabolic health in obese middle-aged men. J Exerc Sci Fit.2022;20 (21): 40-7.
31. Dabaghzadeh F, Rahimpour M, Karami-Mohajeri S. Effect of vitamin D administration on blood oxidative stress factors in university students: A randomized double-blind clinical trial. Koomesh. 2021; 23 (6):712-19. (Persian)
32. Sepidarkish M, Farsi F, Akbari-Fakhrabadi M, Namazi N, Almasi-Hashiani A, Maleki Hagiagha A, et al. The effect of vitamin D supplementation on oxidative stress parameters: A systematic review and meta-analysis of clinical trials. Pharmacol Res. 2019; 139: 141-152.
33. Asghari S, Hamedi-Shahraki S, Amirkhizi F. Vitamin D status and systemic redox biomarkers in adults with obesity. Clin Nutr ESPEN. 2021;45:292-98.
34. Alatawi FS, Faridi UA, Alatawi MS. Effect of treatment with vitamin D plus calcium on oxidative stress in streptozotocin-induced diabetic rats. Saudi Pharm J. 2018;26(8):1208-1213.
35. 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. Neurology. Genetics. 2018; 4(6): e278.
36. Behboudi L, Izadi M. The effect of six weeks aerobic training on body composition and serum level of IL-10 in middle-aged obese females. IJOGI 2017;20(8): 51-60. (Persian)
37. Ghorbanian B, Azali alamdari K, Saberi Y, Shokrolahi F, Mohamadi H. Effect of an Incremental Interval Endurance Rope-Training Program on Antioxidant Biomarkers and Oxidative Stress in Non-Active Women. SJNMP. 2018; 4 (1) :29-40.(Persian)
38. Chrysostomou V, Rezania F, Trounce IA, Crowston JG. Oxidative stress and mitochondrial dysfunction in glaucoma. Curr Opin Pharmacol. 2013;13(1):12-5.
39. Atakan MM, Li Y, Koşar ŞN, Turnagöl HH, Yan X. Evidence-Based Effects of High-Intensity Interval Training on Exercise Capacity and Health: A Review with Historical Perspective. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(13):7201.
40. Ye Y, Lin H, Wan M, Qiu P, Xia R, He J, et al. The Effects of Aerobic Exercise on Oxidative Stress in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. Front Physiol. 2021;12:701151.
41. Xiao C, Beitler JJ, Higgins KA, Wommack E C, Saba NF, Shin DM, et al. Differential regulation of NF-kB and IRF target genes as they relate to fatigue in patients with head and neck cancer. Brain Behav. Immun.2018; 74:291–95.
42. Korsager Larsen M, Matchkov VV. Hypertension and physical exercise: the role of oxidative stress. Medicina (Kaunas). 2016;52(1):19-27.
43. Kalvandi, F, Aziz bagi K, azarbayjani M, Abdi M. The Effect of Vitamin D Consumption during Progressive Resistance Training on Malondialdehyde and Creatine Kinase Changes in Untrained Men. JSB 2018; 10(1): 87-101.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-07-21]