

## Narrative Review

## Effect of Exercise on Immunological Indicators During the COVID-19 Pandemic

Amir Hossein Ahmadi Hekmatikar<sup>1</sup> , \*Mahdieh Molanouri Shamsi<sup>1</sup> 

1. Department of Physical Education, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.



**Citation:** Ahmadi Hekmatikar AH, Molanouri Shamsi M. [Effect of Exercise on Immunological Indicators During the COVID-19 Pandemic (Persian)]. Journal of Arak University of Medical Sciences (JAMS). 2020; 23(5):584-603. <https://doi.org/10.32598/JAMS.23.COV.6277.1>

**doi** <https://doi.org/10.32598/JAMS.23.COV.6277.1>



## Article Info:

Received: 19 Aug 2020

Accepted: 22 Sep 2020

Available Online: 01 Dec 2020

## Key words:

Coronavirus, Physical activity, COVID-19

**ABSTRACT**

**Background and Aim** Coronavirus Disease 2019 (COVID-19), as a viral disease, has increasingly highlighted the need for lifelong exercise due to its immunological and physiological effects is necessary on health. In this review study, while examining the effects of moderate-intensity exercise on the physiological and immunological responses associated with COVID-19, appropriate exercise patterns during the COVID-19 pandemic are presented.

**Methods & Materials** In this study, the search was conducted in Web of Science, Scopus, ISC, PubMed, Google Scholar, MagIran, and Noor databases on related articles using the following keywords: coronavirus, COVID-19, exercise and coronavirus, exercise and immune system, high-intensity exercise and immune system.

**Ethical Considerations** All ethical principles in writing this article have been observed according to the instructions of the National Ethics Committee and the COPE regulations.

**Results:** Moderate-intensity exercise can help boost the function of the immune system. On the other hand, high-intensity exercise can have negative effects on the immune system, which can be a bad strategy increasing the risk of infectious diseases.

**Results** Moderate-intensity exercise can help boost the function of the immune system. On the other hand, high-intensity exercise can have negative effects on the immune system, which can be a bad strategy increasing the risk of infectious diseases.

**Conclusion** Due to the onset of the second wave of COVID-19 in the world, it is recommended to continue to exercise at home observing the hygiene rules (maintaining humidity and disinfecting environmental surfaces) and using appropriate intensity and duration.

**Extended Abstract****1. Introduction****I**

n late December 2019, a disease called coronavirus disease 2019 (COVID-9) was identified in Wuhan, China, which spread rapidly around the world. Its virus was first

found in seafoods in Wuhan, China [1, 2]. COVID-9 can severely affect the immune system and affect many tissues, especially the lungs, by causing cytokine storms in the body [8]. On the other hand, it has been shown that exercise can increase the function of the immune system [15]. People are still active at different intensities during the COVID-9 pandemic. This study aims to review the effect of different inten-

**\* Corresponding Author:****Mahdieh Molanouri Shamsi, PhD.**

Address: Department of Physical Education, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Tel: +98 (21) 82884683

E-mail: molanouri@modares.ac.ir

sities of exercise on the immune system, and consequently on COVID-9.

## 2. Materials and Methods

This is a review study. The search was conducted in Scopus, ISC, PubMed, Google Scholar, MagIran, and Noor databases on related studies published from 1995 to 2020 by using following keywords: Coronavirus, COVID-9, exercise and coronavirus, exercise and immune system, high-intensity exercise and immune system, moderate-intensity exercise and immune system, low-intensity exercise and immune system. The inclusion criteria were: publishing in Persian or English, and in journals with higher impact factor or reputable national journals. The exclusion criteria were: publishing in blacklisted or hijacked journals, publishing at conferences, and being duplicate or unrelated study.

## 3. Results

With the outbreak of COVID-9, many physiological changes occurred in the body including a impairment in the immune system and a rapid increase in obesity, depression and cardiovascular problems [10]. It has been shown that exercise can reduce the risk of these problems [13, 14]. However, the intensity of exercise is a major factor. High-intensity exercise can increase cortisol and lower the immune system function, while moderate-intensity exercise can improve immune function, reduce weight, and so on [15]. In general, it can be said that exercise is an effective strategy to make positive changes in the physiological process of the body during the COVID-9 pandemic. Studies have shown that exercise can increase endorphins and reduce depression. In a study, sudden stop of exercise caused professional athletes to become depressed; that is why researchers stated that moderate-intensity exercise can be very effective [35].

Preliminary epidemiological data have shown that cardiovascular diseases are very common following a significant increase in disease severity and mortality in people who are inactive and obese. Cardiovascular benefits of regular exercise include a reduction in resting heart rate and blood pressure, improved respiration, weight loss, and other metabolic changes that can lead to improved lipid profiles and glucose tolerance [43]. Undoubtedly, these factors are important and justify the constant emphasis on regular exercise as a major part of prevention and treatment goals. Studies have also reported that moderate-intensity exercise to be a very good factor in increasing fat oxidation. High-intensity exercise can also inhibit lipolysis. In this regard, Khoramipour et al. in their review study stated that the highest rate of fat oxidation occurs at low to moderate intensities between 35 to 65%  $\dot{V}O_{2max}$  [50]. Therefore, it can be said that moderate-intensity

exercise during the COVID-9 pandemic can cause weight loss.

Exercise can act like a medicine in the body. Numerous studies have shown that exercise and physical activity can have anti-inflammatory effects [56-59] and help improve the immune system and increase T cells in the body [56]. For athletes who perform moderate to high-intensity exercises, it is recommended to use liquid carbohydrates during competition to prevent a weakened immune system and increased interleukin-10 level [61]. In this regard, regular exercise can have an anti-inflammatory effect on the body, such that exercise has been shown to improve the immune response to influenza vaccine in the elderly [55].

## 4. Discussion and Conclusion

Due to the outbreak of COVID-9 and increased home stay, performing exercise along with simple movements can improve the function of the immune and cardiovascular systems. According to numerous reports of the effect of high-intensity exercises on lowering the function of the immune system, it is better to perform moderate-intensity exercises (for 30-45 min). It is also recommended to control the house humidity during indoor exercise indoors. Finally, people with severe colds or COVID-9 are better to refrain from exercise until they are fully recovered.

## Ethical Considerations

### Compliance with ethical guidelines

In writing this article, ethical principles were considered in accordance with the instructions of the National Ethics Committee and the COPE regulations.

### Funding

This study was approved by the Vice-Chancellor for Research and Technology, Tarbiat Modares University.

### Authors' contributions

The authors observed the criteria of the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE).

### Conflicts of interest

The authors declare no conflict of interest.

### Acknowledgements

The authors would like to thank the Research Center of Tarbiat Modares University (TMU).

This Page Intentionally Left Blank

---

## مقاله مروری

## اثرات فعالیت ورزشی با رعایت پروتکل‌های بهداشتی بر شاخص‌های ایمنولوژیک در دوران شیوع بیماری کووید ۱۹: مروری روایتی

امیرحسین احمدی حکمتی کار<sup>۱</sup>، مهدیه ملانوری شمسی<sup>۱</sup>

۱. گروه تربیت بدنی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

## چکیده

**زمینه و هدف:** بیماری کووید ۱۹ به عنوان یک بیماری ویروسی بیش از گذشته ضرورت پرداختن به فعالیت‌های ورزشی در سراسر طول عمر را با توجه به اثرات ایمنولوژیک و فیزیولوژیک آن بر سلامتی مطرح کرده است. در این مطالعه ضمن بررسی اثرات فعالیت‌های ورزشی با شدت متوسط در پاسخ‌های فیزیولوژیک و ایمنولوژیک مرتبط با این بیماری، الگوهای ورزشی مناسب برای انجام فعالیت‌های ورزشی در دوران شیوع این بیماری ارائه شده است.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه مروری مقالات مرتبط از تمام پایگاه‌های اطلاعاتی شامل اسکوپوس، پابمد، گوگل اسکالر، سامانه همایش‌های معتبر علمی، مگیران و نور مورد بررسی قرار گرفت. همچنین در فرایند جست‌وجوی مقالات از کلیدواژه‌های ویروس کرونا، کووید ۱۹، فعالیت ورزشی و ویروس کرونا، فعالیت ورزشی و سیستم ایمنی بدن، فعالیت ورزشی پرشدت و سیستم ایمنی بدن استفاده شد.

**ملاحظات اخلاقی:** اصول اخلاقی در نگارش مقاله، طبق دستورالعمل کمیته ملی اخلاق و آیین نامه COPE رعایت شده است.

**یافته‌ها:** فعالیت‌های ورزشی با شدت متوسط با توجه به اثرات فیزیولوژیک خود می‌توانند برای افزایش عملکرد سیستم ایمنی مفید باشند. از طرفی مشخص شده است که ورزش با شدت بالا می‌تواند اثرات منفی بر سیستم ایمنی بگذارد که این عامل می‌تواند یک استراتژی بد در کاهش عملکرد سیستم ایمنی بدن و افزایش احتمال ابتلا به بیماری‌های عفونی باشد.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به شروع موج دوم ویروس کرونا در جهان، پیشنهاد می‌شود همچنان در خانه با رعایت پروتکل‌های بهداشتی (حفظ رطوبت و استریل کردن محیط) و شدت و مدت مناسب به فعالیت ورزشی پرداخته شود.

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۲۹ مرداد ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش: ۰۷ آبان ۱۳۹۹

تاریخ انتشار: ۱۱ آذر ۱۳۹۹

## کلیدواژه‌ها:

ویروس کرونا، فعالیت ورزشی، کووید ۱۹

## مقدمه

روز از شناسایی این بیماری نگذشته بود که در ۲ بهمن ۱۳۹۸ (معادل ۲۲ ژانویه سال ۲۰۲۰) ۳۱۴ نفر دچار این بیماری شدند که در نهایت ۷ نفر قربانیان این بیماری بودند [۲]. در این حین، تایلند (۱۳ ژانویه)، ژاپن (۱۶ ژانویه) و کره (۲۱ ژانویه) کووید ۱۹ را به رسمیت شناختند و این بیماری را تأیید کردند [۳]. همچنین گزارش‌ها حاکی از این است که در ۱۵ آوریل، ایران ۷۶۳۸۹ نفر را به عنوان بیمار مبتلا به ویروس کرونا شناسایی کرد که ۴۷۷۷ نفر در اثر این بیماری جان خود را از دست دادند [۴]. در حال حاضر طبق آمار، از نظر تعداد کشته‌شدگان ناشی از کووید ۱۹ ایالات متحده، برزیل، هند، روسیه، آفریقا جنوبی، مکزیک، پرو، کلمبیا، شیلی و ایران به ترتیب رتبه‌های اول تا دهم را به خود اختصاص داده‌اند [۵]. با این حال در جدیدترین گزارشات سازمان بهداشت جهانی، ایران در رتبه دهم جای گرفته

در دسامبر سال ۲۰۱۹ در شهر ووهان چین بیماری با نام ویروس کرونا شناسایی شد که به سرعت در جهان گسترش یافت. این ویروس برای اولین بار از مواد غذایی دریایی در کشور ووهان چین گزارش شد [۲، ۱]. این ویروس مرگبار توسط سازمان بهداشت جهانی<sup>۲</sup> در ساعت ۹ صبح ۱۷ دی ماه ۱۳۹۸ (معادل ۷ ژانویه سال ۲۰۲۰) به رسمیت شناخته شد و این سازمان نام این ویروس را کووید ۱۹ گذاشت [۱]. از طرفی پانزده

1. Coronavirus
2. World Health Organization (WHO)
3. Covid-19

\* نویسنده مسئول:

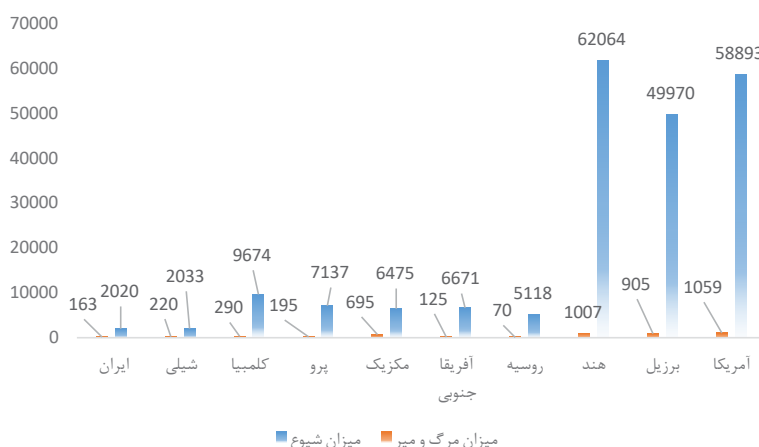
دکتر مهدیه ملانوری شمسی

نشانی: تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی، گروه تربیت بدنی.

تلفن: +۹۸ ۸۲۸۸۴۶۸۳ (۲۱)

پست الکترونیکی: molanouri@modares.ac.ir





تصویر ۱. میزان شیوع و مرگ و میر در اثر ویروس کرونا تا تاریخ ۱۳۹۹/۰۵/۲۱ [۶]

فعالیت ورزشی و ویروس کرونا، فعالیت ورزشی و سیستم ایمنی بدن، فعالیت ورزشی پرشدت و سیستم ایمنی بدن، فعالیت ورزشی با شدت متوسط و سیستم ایمنی بدن و فعالیت ورزشی با شدت کم و سیستم ایمنی بدن در تمام سال‌ها از پایگاه‌های اطلاعاتی اسکوپوس، پابمد، گوگل اسکالر، سامانه همایش‌های معتبر علمی<sup>۴</sup>، مگیران و نور جست‌وجو و مورد بررسی قرار گرفتند. مقالات از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۰ انتخاب شدند. معیارهای ورود و خروج به تحقیق حاضر به شرح زیر بود:

۱. مقالات به زبان فارسی یا انگلیسی باشند (مقالاتی به جز این دو زبان حذف شدند).
۲. مقالات انگلیسی و فارسی‌زبان از مجلاتی که در لیست سیاه، در فهرست ژورنال‌های هایجک شده بودند حذف شدند.
۳. ترتیب بررسی مقالات خارجی از بالاترین ضریب تأثیر (Q3، Q2، Q1 و Q4) بود.
۴. برای بررسی در مطالعات داخلی، مجلات علمی پژوهشی معتبر انتخاب شدند (اولویت با مجلات علمی پژوهشی ورزشی و سپس مجلات علوم پزشکی بود).
۵. مقالاتی که در مجلات علمی ترویجی، همایش و کنفرانس به چاپ رسیده بودند از مطالعه حاضر حذف شدند.
۶. برای به حداکثر رساندن جامعیت جست‌وجو در این مطالعه کلیدواژه‌هایی همچون ایمنی بدن، کرونا، ورزش، تمرین، تمرین و بیماری قلبی، تمرین و چاقی، تمرین و استرس، چاقی و استرس، تمرین و ایمنی بدن جست‌وجو شدند.
۷. مطالعات تکراری یا غیرمرتبط با موضوع تحقیق حاضر از تحقیق حذف شد.

است، ولی همچنان جزء ده کشور خطرناک محسوب می‌شود (تصویر شماره ۱) [۶].

به صورت طبیعی، عفونت‌های ویروسی با عفونت‌های دستگاه تنفسی فوقانی همراه هستند که از این علائم معمولاً تب، سردرد و سرفه گزارش شده است [۷]. ویروس کرونا سیستم ایمنی بدن را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد و از طریق ایجاد طوفان سایتوکانی در بدن بر بسیاری از بافت‌ها به‌ویژه ریه تأثیر می‌گذارد [۸]. اثرات مفید و مؤثر فعالیت‌های ورزشی در سیستم‌های مختلف بدن از جمله قلب و عروق، سیستم عصبی، سیستم متابولیکی و غیره در مطالعات مختلف مشاهده می‌شود. همچنین فعالیت‌های ورزشی با شدت و مدت‌زمان مناسب در بهبود عملکرد سیستم ایمنی در بیماران و افراد سالم در فرایند افزایش سن مؤثر بوده‌اند. بنابراین یکی از عواملی که می‌تواند احتمالاً با این بیماری یا بیماری‌های مشابه مقابله کند انجام فعالیت ورزشی طولانی‌مدت در سراسر طول عمر است [۹]. از این رو با توجه به اینکه شیوع ویروس کرونا باعث ایجاد تغییراتی در سبک زندگی انسان‌ها شده است، میزان شیوع چاقی و کاهش سیستم ایمنی بدن به دلیل قرنطینه خانگی و ماندن زیاد در خانه افزایش پیدا کرده است. به همین دلیل این فرضیه مطرح می‌شود که چه عاملی می‌تواند نقش بسزایی در بهبود عوامل بیان‌شده داشته باشد. یکی از مهم‌ترین استراتژی‌ها که در جهان توجه قابل ملاحظه‌ای را به خود معطوف داشته است انجام فعالیت ورزشی است. اما متأسفانه افراد با ناآگاهی که دارند صرفاً فقط به دنبال فعالیت ورزشی هستند و از فواید یا خطرات احتمالی آن در زمان شیوع ویروس کرونا یا بیماری‌های مشابه بی‌خبر هستند. به همین دلیل در این مطالعه مروری روایتی به بررسی تأثیر فعالیت ورزشی بر ویروس کرونا پرداخته شد.

## مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر یک تحقیق مروری است. در این مطالعه مقالات مرتبط با ویروس کرونا با کلیدواژه‌های ویروس کرونا، کووید ۱۹،



تصویر ۲. مراحل بررسی مقالات از ابتدا تا انتها

مراحل بررسی مقالات در تصویر شماره ۲ نشان داده شده است.

## یافته‌ها

### فعالیت ورزشی، تغییرات فیزیولوژیکی و بیماری کووید ۱۹

شیوع ویروس کرونا باعث شد بیشتر کشورهای جهان اقدامی سریع و محافظتی داشته باشند تا زنجیره انتقال این بیماری قطع شود. به همین منظور افراد برای جلوگیری از ابتلا به ویروس کرونا در خانه به سر می‌برند و در این بین افرادی با بیماری‌های قلبی یا افراد چاق بیشتر دچار مشکل می‌شوند؛ زیرا در مطالعات و گزارشات اخیر مشخص شده است که احتمالاً افراد چاق نسبت به افراد معمولی زودتر دچار ابتلا به ویروس کرونا می‌شوند و به احتمال زیاد واکسن این ویروس دیرتر روی این افراد عمل می‌کند. همچنین با منع فعالیت ورزشی در باشگاه‌ها [۱۰] میزان افزایش چاقی و افسردگی هم در بین افراد مختلف شیوع چشم‌گیری پیدا کرده است. در حالی که ماندن در خانه یک اقدام مطمئن است ممکن است عواقب منفی ناخواسته داشته باشد؛ زیرا چنین تلاش‌هایی برای جلوگیری از انتقال ویروس از انسان به انسان ممکن است به کاهش فعالیت بدنی منجر شود [۱۱]. گزارش شده است در دوران قرنطینه مشکلات روانی مانند استرس، وحشت، سردرگمی، افسردگی و پرخوری بسیار افزایش پیدا کرده است [۱۲].

از طرفی محققین یک راهکار مؤثر یعنی انجام فعالیت ورزشی در جهت بهبود ترکیب بدن (کاهش چاقی)، افسردگی و بهبود سیستم ایمنی بدن را گزارش کرده‌اند. فعالیت ورزشی می‌تواند تغییرات فیزیولوژیکی ایجاد کند که این تغییرات فیزیولوژیکی شامل بهبود بیماری‌های قلبی عروقی، کاهش بیشتر درصد چربی بدن، کاهش استرس و در نهایت بهبود سیستم ایمنی بدن هستند و این عوامل در زمان پاندمی ویروس کرونا می‌توانند حائز اهمیت باشند (تصویر شماره ۳). همچنین با توجه به جنسیت افراد مشخص شده است مردان نسبت به زنان از فعالیت ورزشی شدید بیشتری استفاده می‌کنند. به همین منظور احتمال سرکوب سیستم ایمنی در مردان به دلیل ترشح کورتیزول بیشتر از زنان است [۱۳، ۱۴]. در عین حال که مردان نسبت به زنان بیشتر تمایل به انجام فعالیت ورزشی با شدت بالا دارند، در مقابل، زنان بیشتر تمایل به انجام فعالیت ورزشی با شدت متوسط و پیاده‌روی دارند [۱۵]. این عامل برتری زنان نسبت به مردان است؛ زیرا انجام فعالیت‌هایی همچون پیاده‌روی یا دوچرخه‌سواری با شدت متوسط باعث بهبود سیستم ایمنی بدن می‌شود. همچنین مشخص شده است که در میان مردان، بزرگسالان میانسال بیشتر بی‌تحرک هستند، در حالی که در میان زنان، افراد مسن بیشتر بی‌تحرک هستند [۱۶، ۱۷]. از سویی دیگر، عدم فعالیت بدنی در دوران قرنطینه می‌تواند باعث کاهش انرژی مصرفی و افزایش انرژی دریافتی شود که این عامل می‌تواند یکی از مهم‌ترین دلایل چاقی برای افرادی که دوران قرنطینه را سپری می‌کنند باشد



مختصری در ارتباط با این تغییرات فیزیولوژیکی خواهیم داشت. همان‌طور که در تصویر شماره ۳ مشاهده می‌شود، تأثیر فعالیت ورزشی بر قسمت‌های مختلف بدن مشخص شده است.

### فعالیت‌های ورزشی و تغییرات فیزیولوژیکی مرتبط با استرس

مشخص شده است که با افزایش شیوع ویروس کرونا و ماندن در خانه، پریشانی روان‌شناختی، افسردگی و استرس به طرز چشم‌گیری افزایش پیدا کرده است [۲۹]. با توجه به وضعیتی که در حال حاضر در جهان موجود است، یک مطالعه متاآنالیز در مورد تأثیر بیماری‌های همه‌گیر بر سلامت روان که فقط مردم کشورهای آسیایی را مورد بررسی قرار داده بود بیان کرد که استرس با توجه به جنسیت و شغل افراد متفاوت است [۳۰]. در این مطالعه مشخص شد افراد درگیر در مشاغل شلوغ در دوران بیماری و قرنطینه خانگی نسبت به افرادی که در خانه هستند بیشتر دچار افسردگی و اضطراب می‌شوند [۳۱]. همچنین زنان نسبت به مردان بیشتر با افسردگی دست و پنجه نرم می‌کنند. در همین راستا تورسدهای و همکاران در تحقیق خود بیان کردند ورزشکارانی که به ورزش‌های حرفه‌ای می‌پرداختند نسبت به افرادی که فعالیت ورزشی متوسطی انجام می‌دادند در دوران قرنطینه خانگی بیشتر دچار افسردگی، استرس و اضطراب شده‌اند [۳۰]. از طرفی گزارش شده است که یکی از عوامل بسیار مهم افزایش افسردگی و اضطراب در بدن عدم فعالیت ورزشی بی‌حرکی است [۳۲].

در این بین، یکی از عواملی که می‌تواند باعث کاهش استرس در بدن شود انجام فعالیت ورزشی با شدت متوسط است. این تغییرات می‌تواند در زمان ویروس کرونا باعث کاهش استرس و بهبود فرایند زندگی در طول فعالیت‌های روزمره شود. فعالیت‌های ورزشی با شدت متوسط می‌تواند اثرات مختلفی بر مغز بگذارد که یکی از شایع‌ترین اثرات مثبت آن، افزایش اندروفین<sup>۵</sup> در بدن است [۳۳]. از طرفی محققین شدت و مدت فعالیت ورزشی را یک عامل مهم در زمان بیماری می‌دانند. در تحقیقی مشخص شد، با در نظر گرفتن مدت و شدت فعالیت ورزشی، تغییرات مثبت روان‌شناختی در اثر انجام فعالیت ورزشی بعد از گذشت ۱۰ دقیقه در بدن نمایان می‌شوند [۳۴]. به همین منظور می‌توان گفت، در زمان پاندمی ویروس کرونا و یا بیماری‌های مشابه فعالیت ورزشی می‌تواند یک عامل مهم و مؤثر باشد.

با توجه به اینکه فعالیت ورزشی خود باعث افزایش استرس در بدن می‌شود بهتر است فعالیت ورزشی با شدت متوسط انجام شود. در همین راستا مشخص شد، در زمان بیماری یکی از مؤثرترین عوامل برای افزایش اندروفین و کاهش استرس، انجام فعالیت ورزشی با شدت متوسط است [۳۵].



تصویر ۳. نمای کلی از تغییرات فیزیولوژیکی بدن به دنبال انجام فعالیت‌های ورزشی طولانی‌مدت [۲۸-۲۲]

[۱۸]. همچنین ورزشکارانی که قبل از شیوع کرونا فعالیت‌های ورزشی حرفه‌ای انجام می‌دادند در حال حاضر با مشکلاتی نظیر افسردگی، بی‌حالی، افت قدرت و در نهایت افت عملکرد روبه‌رو هستند [۱۹]. ضمن اینکه قطع ناگهانی فعالیت ورزشی می‌تواند باعث افزایش مقاومت به انسولین و افزایش آتروفی عضلانی در بدن ورزشکاران شود [۲۰]. همچنین مشخص شده است بسیاری از سازگاری‌های متابولیک و قلبی عروقی در پاسخ به فعالیت بدنی می‌توانند با تنها دو هفته عدم تحمل، اختلال در ظرفیت هوازی و / یا افزایش فشار خون از بین بروند. کاهش مصرف انرژی توسط عضلات منجر به جداسازی مجدد بسترهای متابولیک به کبد می‌شود، جایی که ممکن است تولید لیپوپروتئین‌های آتروژنیک تقویت شود، بنابراین باعث افزایش چاقی و تجمع چربی‌ها در رگ‌های خونی و تسریع در بیماری آترواسکلروتیک می‌شود [۲۰]. اخیراً سازمان بهداشت جهانی و مراکز بهداشتی، بر قرنطینه و ماندن در خانه تأکید دارند و از همه مهم‌تر رعایت فاصله اجتماعی می‌تواند بسیار تأثیرگذار باشد [۲۱].

در نهایت به صورت کلی می‌توان گفت فعالیت ورزشی یک استراتژی مؤثر در جهت بهبود تغییرات مثبت فرایند فیزیولوژیکی بدن در زمان پاندمی ویروس کروناست. با این حال بررسی

جدول ۱. مدل پیشنهادی فعالیت ورزشی برای جلوگیری از استرس [۴۰]

گروه سنی	تعداد فعالیت در هفته	شدت فعالیت*	مدت زمان فعالیت	نوع فعالیت
۳-۵ سال	هر روز	کم	۳۰ دقیقه	بازی فعال
۶-۱۷ سال	حداقل سه روز در هفته	کم تا متوسط	۳۰ تا ۶۰ دقیقه	طناب زدن، بازی‌های گروهی
۱۸-۶۴ سال	سه روز در هفته	متوسط	حداقل ۱۵۰ دقیقه در هفته	پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری
< ۶۵	حداقل یک روز در هفته	۳۰ تا ۵۰ درصد 1RM	۳۰ تا ۶۰ دقیقه	تمرینات مقاومتی
< ۶۵	دو تا سه روز در هفته	کم تا متوسط	حداقل ۱۵۰ دقیقه در هفته	پیاده‌روی



\*در شدت کم تا متوسط، فرد بین ۴۰ تا ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب خود به فعالیت می‌پردازد.

آنزیم تبدیل‌کننده آنژیوتانسین ۲<sup>۲</sup> که توسط سندرم حاد تنفسی کروناویروس ۲ (SARS-CoV-2) برای ورود به سلول‌های اپیتلیال ساخته شده است، مشکلی جدی برای بیماران قلبی عروقی است؛ زیرا در این بیماران مهارکننده آنژیوتانسین ۲ افزایش و گیرنده‌اش در اثر بیماری کاهش پیدا می‌کند که از لحاظ اپیدمیولوژیکی می‌تواند باعث افزایش چشم‌گیر مبتلایان ویروس کرونا در بین بیماران قلبی شود [۴۱]. از طرفی فعالیت ورزشی نقش مهمی در سلامت طولانی‌مدت قلب و عروق دارد و همچنین می‌تواند باعث کاهش مهارکننده آنژیوتانسین ۲ در این بیماران شود [۴۲]. از مزایای ورزش بدنی منظم کاهش ضربان قلب و فشار خون در حالت استراحت، بهبود تنفس، کاهش وزن و سایر تغییرات متابولیکی است که منجر به بهبود پروفایل لیپیدها و تحمل گلوکز می‌شود [۴۳]. بدون شک این عوامل، مهم هستند و تأکید مداوم بر ورزش منظم بدنی به عنوان بخش اصلی اهداف پیشگیری و درمان را توجیه می‌کنند (تصویر شماره ۴).

سازمان بهداشت جهانی دستورالعمل‌های روشنی در مورد حداقل میزان فعالیت بدنی لازم برای حفظ سلامت و آمادگی کافی مخصوصاً حفظ سلامت قلب و عروق پیشنهاد کرده است. عدم آمادگی جسمانی به طور مستقل با خطر مرگ زودرس قلبی عروقی در جمعیت پنجاه سال یا بالاتر همراه بوده است که نشان می‌دهد آمادگی جسمی نه تنها خطر مرگ قلبی عروقی را تعدیل می‌کند، بلکه ممکن است با تمرین ورزشی منظم نیز بهبود یابد [۴۴]. در نهایت، با توجه به تحقیقات انجام‌شده می‌توان اظهار داشت فعالیت بدنی به صورت منظم و با شدت متوسط در افراد بدون بیماری و فعالیت ورزشی با شدت متوسط تا پایین برای افراد مبتلا به ویروس کرونا یا بیماری مشابه برای مدت‌زمان حداقل ۱۵۰ دقیقه در هفته می‌تواند مؤثر و مفید باشد.

### فعالیت ورزشی و تغییرات فیزیولوژیکی مرتبط با وزن بدن

با قرنطینه خانگی (عدم فعالیت بدنی) و زیاد شدن کالری

با توجه به این که همچنان بعضی از افراد برای دستیابی سریع به کاهش وزن یا ورزشکاران برای نگهداشتن وضعیت بدنی خود در اوج از فعالیت‌های ورزشی پرشدت استفاده می‌کنند، این نوع شدت نگرانی‌هایی را با خود به همراه دارد. شدت بالا در فعالیت ورزشی می‌تواند باعث افزایش هورمون‌های استرسی (کورتیزول)<sup>۶</sup> شود. کورتیزول یکی از عامل‌های مهم در سرکوب سیستم ایمنی بدن است که در اثر فعالیت ورزشی شدید افزایش پیدا می‌کند. به همین منظور برای جلوگیری از سرکوب سیستم ایمنی پیشنهاد می‌شود تا حد ممکن به فعالیت ورزشی با شدت متوسط پرداخته شود [۳۶]. همچنین با توجه به بررسی مطالعات، زنان نسبت به مردان بیشتر به دنبال انجام فعالیت ورزشی هستند که یکی از دلایل آن ایجاد اعتماد به نفس، خلق و خوی بهتر و رضایت از بدن است. همچنین زنانی که در زمان بیماری برای مدت‌زمان طولانی در منزل بوده‌اند و دچار افسردگی شده‌اند در زمان فعالیت ورزشی زودتر بهبودی خود را به دست آورده‌اند [۳۷-۳۹]. بنابراین پیشنهاد می‌شود با رعایت پروتکل‌های بهداشتی در زمان ویروس کرونا و بیماری‌های مشابه، بین دو تا سه روز در هفته را به فعالیت ورزشی با شدت مناسب در منزل بپردازید. همچنین پیشنهاد می‌شود ورزشکاران حرفه‌ای برای حفظ آمادگی بدن خود به مدت چهار روز در هفته به صورت مداوم و با شدت مناسب فعالیت ورزشی مرتبط با رشته مورد نظر را انجام دهند. مدل پیشنهادی برای پیشگیری از ایجاد استرس در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

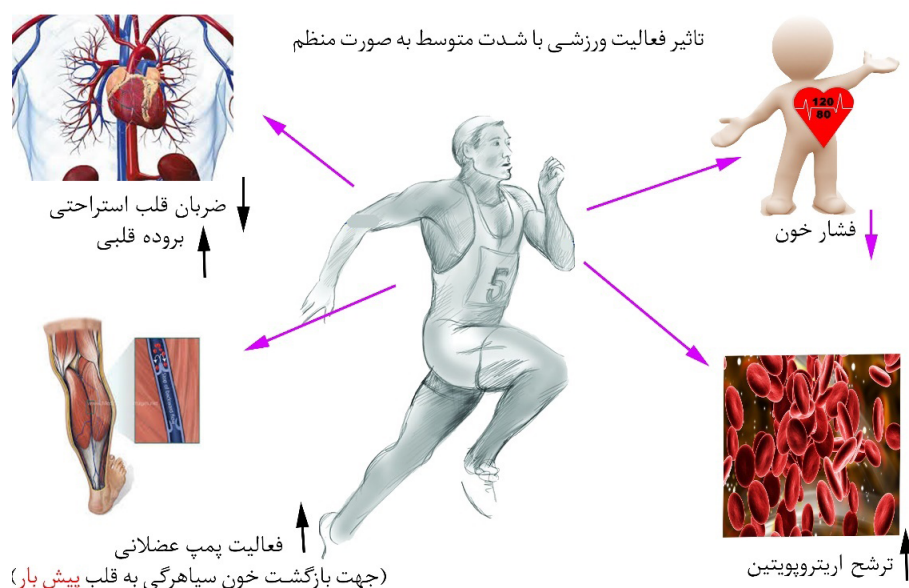
### فعالیت ورزشی و تغییرات فیزیولوژیکی مرتبط با بیماری‌های قلبی عروقی

داده‌های اپیدمیولوژیکی اولیه نشان می‌دهند که افرادی که چاق هستند بیشتر به بیماری قلبی عروقی مبتلا می‌شوند و در نهایت عدم فعالیت ورزشی می‌تواند این عامل را تشدید کند.

7. Angiotensin-Converting Enzyme 2 (ACE2)

6. Cortisol





تصویر ۴. تأثیر فعالیت ورزشی با شدت متوسط بر شاخص‌های قلبی عروقی [۵۴]



انجام فعالیت ورزشی می‌تواند یکی از مهم‌ترین عوامل جلوگیری از ابتلا به این ویروس و بیماری‌های مشابه باشد.

### فعالیت ورزشی و تغییرات فیزیولوژیکی مرتبط با ایمنولوژی بدن

مطالعات متعددی در خصوص این ویروس انجام شده‌اند، اما سؤالات در خصوص شیوه‌های درمان این بیماری هنوز بدون پاسخ مانده‌اند. پس از شروع موج دوم ویروس کرونا، ماندن در خانه افزایش یافت که این عامل اثرات منفی را با خود به همراه دارد و در نهایت باعث افزایش خطر و وخیم‌تر شدن وضعیت سلامتی می‌شود [۵۲]. بنابراین یک استدلال سلامتی قوی برای ادامه فعالیت بدنی در خانه برای سالم ماندن و حفظ عملکرد سیستم ایمنی در محیط نامناسب فعلی وجود دارد. گزارش شده است که ورزش در خانه با استفاده از انواع تمرینات ایمن، ساده و به راحتی قابل اجرا، برای جلوگیری از انتقال کروناویروس و حفظ تناسب اندام مناسب است [۵۳]. در این خصوص می‌توان از شیوه‌های تمرینی مطلوب و مؤثر به دلیل ارزان بودن و نیاز به فضای کم شامل پیاده‌روی در خانه، بالارفتن از پله‌ها و دراز و نشست استفاده کرد [۵۴]. حفظ فعالیت بدنی منظم و ورزش روزمره در محیط ایمن منزل، یک استراتژی مهم برای زندگی سالم در طول بحران کروناویروس است، به طوری که نشان داده شده است اجرای ورزش حین شیوع کروناویروس بی‌خطر است [۵۵]. فعالیت ورزشی می‌تواند در بدن مانند یک دارو عمل کند. در تحقیقات متعددی بیان شده است که تمرین و فعالیت ورزشی می‌تواند باعث اثرات ضدالتهابی شود [۵۶-۵۹] و همچنین به بهبود سیستم

دریافتی، افزایش وزن با سرعت زیادی افزایش پیدا کرده است. چاقی به عنوان عامل مهمی در توسعه بیماری‌های مزمن مانند بیماری‌های قلبی عروقی<sup>۸</sup>، فشار خون بالا<sup>۹</sup>، دیابت نوع دو<sup>۱۰</sup>، سکته مغزی<sup>۱۱</sup>، استئوآرتریت<sup>۱۲</sup> و سرطان‌های خاص شناخته شده است [۴۶]. به همین دلیل یکی از استراتژی‌های مهم برای جلوگیری از چاقی، فعالیت ورزشی است. فعالیت‌های ورزشی به صورت منظم می‌توانند هورمون‌های مرتبط به اشتها را تغییر داده و بهبود ترکیب بدن را حاصل کنند [۴۷-۴۹]. محققان فعالیت با شدت متوسط را یک عامل بسیار مناسب در افزایش اکسیداسیون چربی می‌دانند. همچنین فعالیت ورزشی با شدت بالا می‌تواند لیپولیز را مهار کند. در همین راستا خرمی‌پور و همکاران در مطالعه مروری خود عنوان کردند که بیشترین میزان اکسیداسیون چربی‌ها در شدت‌های کم تا متوسط بین ۳۵ تا ۶۵ درصد  $VO_2max$  اتفاق می‌افتد [۵۰]. همچنین فعالیت ورزشی می‌تواند نیم‌رخ لپیدی را در افراد چاق بهبود بخشد که خود عامل بسیار مهم و مفیدی در سلامت افراد چاق است. افراد چاق بیشتر مستعد خطر ابتلا به عفونت و بیماری‌های مختلف از جمله بیماری کرونا هستند. به همین دلیل فعالیت ورزشی می‌تواند با تغییرات در نیم‌رخ لپیدی و ترکیب بدن تأثیرات بسیار مثبتی بر سلامت افراد چاق بگذارد [۵۱]. همچنین به تازگی محققان نکاتی را گوشزد می‌کنند مبنی بر اینکه واکسن کرونا روی افراد چاق بی‌اثر است. به همین دلیل

8. Cardiovascular disease
9. High blood pressure
10. Type 2 diabetes
11. Stroke
12. Osteoarthritis

جدول ۲. شدت‌های مقیاس بورگ برای تعیین شدت تمرین در منزل [۷۳-۷۰]

شماره	صفر	۲	۳	۵	۷	۱۰
فشار تمرین	فرد در حالت استراحت	تمرین آسان	تمرین با شدت متوسط	تمرین سخت	تمرین بسیار سخت	تمرین خیلی سخت

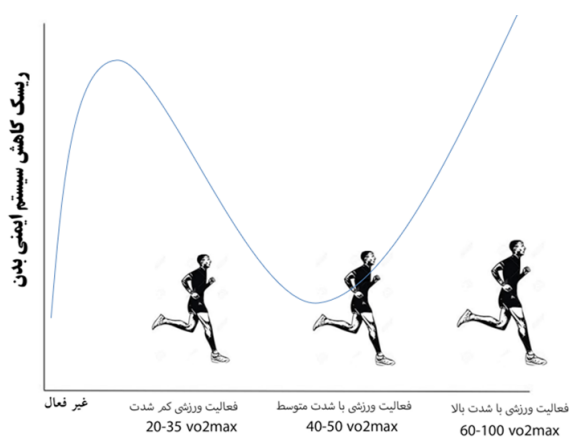


اذعان شده است که ورزش منظم و متعادل، ایمنی ضدبakterی و ضدویروسی را بهبود می‌بخشد، التهاب را کاهش می‌دهد و پیری ایمنی را به تأخیر می‌اندازد [۶۹]. از یک طرف، ورزش بدنی می‌تواند برای دفاع از کل بدن مفید باشد و ممکن است از جمله اقدامات پیشگیرانه در برابر پیامدهای عفونت ویروسی دستگاه تنفسی به شمار آید، از طرف دیگر انجام فعالیت ورزشی با شدت بالا می‌تواند خطر ساز باشد. پیشنهاد شده است برای تمرین در منزل، حداکثر ضربان قلب<sup>۱۳</sup> تحت کنترل باشد (۲۲۰ سن) و تمرین ورزشی بر اساس پروتکل‌های سلامتی در خانه انجام شود. از طرفی یکی از عوامل مهم و کمک‌کننده برای کنترل فشار تمرین، استفاده از مقیاس بورگ است که در آن شدت فعالیت ورزشی برای افراد مختلف در زمان پاندمی ویروس کرونا مشخص شده است (جدول شماره ۲). همچنین پیشنهاداتی بر اساس شدت در تصویر شماره ۶ ارائه شده است.

### بحث

در واقع ویروس کرونا با علائمی که با خود به همراه دارد به مردم جهان نشان داد مراقبت از سلامتی با انجام فعالیت‌های ورزشی ساده در خانه و انجام فعالیت‌های ورزشی با شدت متوسط می‌تواند در هر زمان برای ما مهم و حائز اهمیت باشد. همچنین رعایت اصول تغذیه و رژیم‌های غذایی هم می‌تواند کمک بسزایی در این دوره کند [۷۴]. فرصت‌ها را در همه جا می‌توان مشاهده کرد؛ به عنوان مثال انجام حرکات کششی در خانه یا انجام تمرینات یوگا

13. Maximum Heart Rate



تصویر ۵. تغییرات سیستم ایمنی بدن در فعالیت‌های ورزشی متفاوت

ایمنی کمک کند و سلول‌های T را در بدن افزایش دهد [۵۶]. در همین راستا، ملاتوری شمسی و شلمزاری در مطالعه مروری خود عنوان کردند که فعالیت ورزشی با شدت متوسط می‌تواند به صورت مستقیم سیستم ایمنی، دفاع آنتی‌اکسیدانی و پاسخ‌های ضدالتهابی را تقویت کرده و افزایش دهد و از طرفی به صورت غیرمستقیم مشکلات مربوط به اضطراب و حساسیت انسولینی را بهبود بخشد [۶۰]. همچنین برای ورزشکارانی که فعالیت‌های ورزشی با شدت متوسط و بالا انجام می‌دهند جهت جلوگیری از افت سیستم ایمنی و افزایش اینترلوکین ۱۰ پیشنهاد می‌شود در حین رقابت، از کربوهیدرات‌ها به صورت مایع استفاده کنند [۶۱]. در این خصوص، ورزش منظم می‌تواند اثر ضدالتهابی روی بدن داشته باشد، به طوری که نشان داده شده است ورزش می‌تواند پاسخ ایمنی به واکسن آنفولانزا را در افراد مسن بهبود بخشد [۵۵]. به نظر می‌رسد که یک دوره طولانی ورزش حداقل در افراد سالم وضعیت التهابی پایه را با کاهش گردش سیتوکین‌های التهابی کاهش می‌دهد [۵]. در همین راستا ملاتوری شمسی و همکاران در تحقیق خود عنوان کردند که با انجام فعالیت‌های ورزشی با شدت پایین برخی از سایتوکاین‌های التهابی مانند اینترلوکین ۶ و ۱۸ بعد از یک فعالیت مقاومتی کاهش می‌یابد [۶۲]. دوره‌های منظم از تمرین کوتاه‌مدت (یعنی تا ۴۵ دقیقه) با شدت متوسط تقویت‌کننده سیستم ایمنی است، در حالی که دوره‌های مکرر تمرین طولانی‌مدت با شدت زیاد (> ۲ ساعت) می‌تواند سرکوب‌کننده سیستم ایمنی باشد [۶۳، ۶۴]. انجام فعالیت‌های با بار زیاد می‌تواند خطر عفونت‌های سیستم تنفسی و کاهش سیستم ایمنی را با خود به همراه داشته باشد [۶۵]. البته باید این نکته را یادآور شد که افراد تمرین کرده به دلیل سازگاری که در اثر فعالیت ورزشی منظم دارند کمتر مستعد این اتفاقات هستند [۶۶]. اما افرادی که تمرین نکرده هستند پاسخ‌های شدیدتری به سیستم ایمنی و سرکوب آن در تمرینات پرشدت دارند [۶۷]. فعالیت‌های ورزشی هوازی فعالیت‌هایی هستند که شدت آن‌ها متوسط است و فشار زیادی بر بدن وارد نمی‌کند و این نوع فعالیت را می‌توان با تردمیل، دوچرخه‌های ثابت و حرکات قایق‌رانی انجام داد. یک تجزیه و تحلیل کامل بر اساس شواهد موجود نشان داده است ورزش با شدت متوسط، ممکن است بتواند نتایج پاتولوژیک را بهبود ببخشد. همچنین می‌تواند با القای ترشح هورمون‌های استرس، عملکرد سیستم ایمنی در عفونت‌های تنفسی ویروسی مانند موارد ایجادشده توسط ویروس کرونا را بهبود بخشد [۶۸] (تصویر شماره ۵).

شدت	فشار تمرین	شدت	فشار تمرین	شدت	فشار تمرین
پایین	۲	پایین	۲	پایین	۲
متوسط	۳	متوسط	۴	متوسط	۴
زیاد	۵	زیاد	۵	زیاد	۶
شدت پایین: $HR_{MAX} / 60$		شدت پایین: $HR_{MAX} / 60$		شدت پایین: $HR_{MAX} / 65$	
شدت متوسط: $HR_{MAX} / 75$		شدت متوسط: $HR_{MAX} / 75$		شدت متوسط: $HR_{MAX} / 85$	
شدت بالا: $HR_{MAX} / 85$		شدت بالا: $HR_{MAX} / 85$		شدت بالا: $HR_{MAX} / 90$	

 افراد سالمند
 
 افراد غیر فعال
 
 افراد فعال تمرین کرده

تصویر ۶. پیشنهادات جهت تعیین شدت و مدت فعالیت ورزشی

مشخص شد در افراد مسن میزان مرگومیر از طریق آنفولانزا در مقایسه با افراد بزرگسال یا جوان بیشتر است [۸۱]. بنابراین انجام فعالیت ورزشی با شدت بالا می‌تواند یک عامل بسیار خطرناک برای این افراد باشد. به همین منظور فعالیت‌های ورزشی همچون پیاده‌روی یا دوچرخه‌سواری با شدت متوسط و پایین برای این افراد مفیدتر است.

از طرفی مشخص شده است کودکان در حال رشد در دوران ویروس کرونا با خطرات زیادی مواجه هستند. با وجود پیشرفت‌های چشم‌گیر در ایمونولوژی ورزشی طی چند دهه گذشته، درک ما از پاسخ‌های ایمنی به ورزش در کودکان همچنان پراکنده است. کودکان نسبت به بزرگسالان و افراد میانسال در اثر انجام فعالیت‌های ورزشی سریع‌تر دچار اختلالاتی در فرایند ایمنی بدن می‌شوند و سریع‌تر از این افراد هم سیستم ایمنی بدنشان بهبود پیدا می‌کند [۸۲، ۸۳]. به همین منظور بهتر است انجام فعالیت‌های ورزشی به صورت تفریحی و با شدت متوسط تا پایین برای کودکان اعمال شود. نتایج این مطالعه مروری با اکثر مطالعات انجام‌شده هم‌راستا است [۸۵-۸۲].

در عوض فعالیت بدنی برای کسانی که مشکوک به ویروس کرونا هستند منع شده است. همچنین کسانی که بیماری‌های تنفسی یا سرماخوردگی دارند هم نباید از تمرینات ورزشی استفاده کنند تا زمانی که وضعیت سلامتی آن‌ها بهبود یابد. در همین راستا گزارش شده است افرادی که عفونت‌های تنفسی دارند معمولاً به سه هفته ریکاوری و بهبودی نیاز دارند و در نهایت پس از گذشت سه هفته اگر تمام علائم از بدن آن‌ها حذف شد مجاز هستند فعالیت‌های ورزشی با شدت پایین تا متوسط را

یا انجام تمرینات در خانه به تقلید از فیلم‌های آموزشی معتبر خود می‌تواند یک راهکار بسیار مناسب باشد. برای کسانی که به انجام فعالیت‌های ورزشی عادت دارند و همچنین یک ورزشکار حرفه‌ای هستند انجام این تمرینات در خانه می‌تواند واقعاً محدودکننده باشد، ولیکن انجام تمرینات پلایومتریک یا تمرینات TRX می‌تواند یک راهکار مناسب برای حفظ سطح آمادگی ورزشکاران باشد، ضمن اینکه تمرینات پلایومتریک برای سالمندان هم پیشنهاد شده است [۷۵]. همچنین می‌توان از تمرینات برپی، اسکات و اسکات پرشی، طناب زدن و جاگینگ برای تمرینات در خانه استفاده کرد. این تمرینات نوعی تمرین با وزن بدن است که می‌توان با شدت متوسط انجام داد. در همین راستا مطالعه حاضر با مطالعاتی که در ارتباط با ویروس کرونا و فعالیت ورزشی در خانه انجام شده‌اند هم‌سو است [۷۶-۷۴، ۷۴، ۱۰]. مشخص شده است انجام تمرینات با وزن بدن با شدت‌های پایین تا متوسط می‌تواند باعث بهبود سیستم ایمنی و تقویت قدرت عضلانی شود [۷۹]. یکی از راه‌ها برای جلوگیری از افسردگی در دوران قرنطینه انجام فعالیت‌های ورزشی هوازی و زومباست که هم باعث ترشح هورمون رشد از بدن می‌شود و هم سیستم قلبی عروقی و سیستم ایمنی بدن را بهبود می‌بخشد [۸۰].

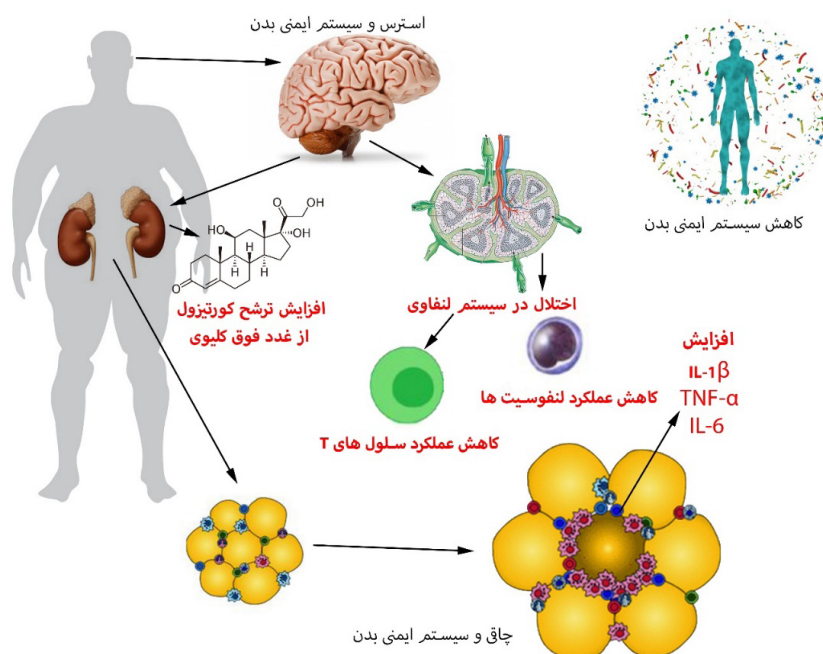
نکته‌ای که باید یاد آور شد این است که شدت فعالیت ورزشی باید حتماً برای افراد مختلف با سنین مختلف حفظ شود. در افراد میانسال با افزایش سن میزان قدرت سیستم ایمنی بدن کاهش می‌یابد و این می‌تواند در زمان ویروس کرونا بسیار خطرناک باشد [۸۱]. افراد مسن نسبت به جوان‌ها بیشتر مستعد ابتلا به عفونت یا اختلالات خودایمنی هستند. به عنوان مثال در تحقیقی



جدول ۳. مطالعات انجام شده در ارتباط با فعالیت ورزشی و سطح سیستم ایمنی بدن در چند سال اخیر

نام محقق	سال	نوع تمرین	شدت فعالیت	تأثیر بر سیستم ایمنی بدن	منبع
راینز و همکاران	(۲۰۲۰)	مقاومتی	۷۵، ۴۵ و ۹۵ درصد 1RM	افزایش اینترلوکین ۶ در شدت ۷۵ و ۹۵ درصد عدم تغییر در 1RM در شدت ۴۵ درصد	[۹۳]
چانهو و همکاران (مطالعه مروری)	(۲۰۲۰)	بررسی تمرینات مقاومتی و هوازی	شدت زیاد متوسط	انجام فعالیت ورزشی با شدت متوسط می تواند باعث بهبود سیستم ایمنی بدن شود. انجام فعالیت ورزشی با شدت متوسط در بلندمدت می تواند باعث تقویت سیستم ایمنی بدن شود.	[۹۴]
شفر و همکاران (مطالعه مروری)	(۲۰۲۰)	تمرینات هوازی	شدت زیاد	ایجاد اختلال در سیستم ایمنی بدن	[۹۵]
(مطالعه مروری)	(۲۰۲۰)	تمرینات هوازی	متوسط	افزایش سطح سیستم ایمنی بدن	[۹۶]
هیگتون و همکاران	(۲۰۲۰)	تمرینات هوازی	شدت زیاد متوسط	افزایش سطح سیستم ایمنی بدن در شدت متوسط و کاهش موقت آن با شدت زیاد	[۹۷]
سیتلینجر و همکاران	(۲۰۲۰)	تمرینات هوازی	شدت متوسط	افزایش سطح سیستم ایمنی بدن	[۹۸]
نیمان و همکاران (مطالعه مروری)	(۲۰۱۹)	مقاومتی، هوازی، بی هوازی و استقامتی	شدت متوسط و زیاد	افزایش سطح سیستم ایمنی بدن در تمرینات مرتبط با شدت متوسط و اختلال در سیستم ایمنی بدن با شدت زیاد	[۹۹]
دی سوزا و همکاران	(۲۰۱۸)	بی هوازی	شدت زیاد	اختلال در عملکرد سیستم ایمنی بدن	[۱۰۰]
ملکی و همکاران	(۲۰۱۸)	هوازی	شدت کم شدت متوسط	عدم تأثیر بر سیستم ایمنی بدن در شدت کم افزایش سطح سیستم ایمنی بدن با شدت متوسط	[۱۰۱]
دورر و همکاران	(۲۰۱۷)	بی هوازی	شدت زیاد	افزایش فعالیت سیستم ایمنی بدن	[۱۰۲]
سزلزاک و همکاران (مطالعه مروری)	(۲۰۱۶)	بررسی تأثیر تمام فعالیت های ورزشی	با شدت های کم، زیاد و متوسط	در شدت کم عدم تغییر یا افزایش ناچیز در سطح سیستم ایمنی بدن در شدت متوسط بهبود چشم گیر در شدت زیاد افزایش سطح سیستم ایمنی بدن در بعضی موارد و اختلال موقت در اکثر تحقیقات	[۱۰۳]
دورنلس و همکاران	(۲۰۱۶)	بی هوازی	شدت زیاد	افزایش سطح سیستم ایمنی بدن	[۱۰۴]
گومز و همکاران (مطالعه مروری)	(۲۰۱۶)	انواع مختلف تمرینات	شدت زیاد شدت کم شدت متوسط	در شدت زیاد اختلال در سیستم ایمنی بدن همچنین در افراد مسن تمرین شدید خطرناکتر است (پیشنهادات شدت کم). شدت متوسط و کم می تواند مؤثر باشد.	[۱۰۵]
سریر و همکاران	(۲۰۱۵)	بی هوازی	شدت زیاد	کاهش عملکرد سیستم ایمنی بدن و افزایش فاکتور نکروز تومور آلفا (TNF- $\alpha$ )	[۱۰۶]
زوتسلوت و همکاران	(۲۰۱۴)	بی هوازی	شدت زیاد	اگر تمرینات بی هوازی پر شدت مانند HIIT به صورت بلندمدت و منظم انجام شود می تواند باعث بهبود سیستم ایمنی شود.	[۱۰۷]
غلامنژاد و همکاران	(۲۰۱۴)	هوازی	شدت متوسط	افزایش سطح سیستم ایمنی بدن	[۱۰۸]
نوس و همکاران (مطالعه مروری)	(۲۰۱۵)	بی هوازی و هوازی	شدت زیاد شدت کم	کاهش یا افزایش سطح سیستم ایمنی بدن در شدت زیاد عدم تغییر یا افزایش در شدت کم	[۱۰۹]
زیمر و همکاران	(۲۰۱۴)	هوازی	شدت زیاد	افزایش سطح سیستم ایمنی بدن	[۱۱۰]
چاید و همکاران	(۲۰۱۳)	بی هوازی	شدت زیاد	انجام تمرینات بی هوازی با شدت زیاد باعث اختلال در سیستم ایمنی بدن می شود.	[۱۱۱]
رحمتی و همکاران	(۲۰۱۳)	هوازی	شدت متوسط	افزایش سطح سیستم ایمنی بدن	[۱۱۲]
شیروانی و همکاران	(۲۰۱۳)	بی هوازی	شدت زیاد	در ورزشکاران انجام تمرینات شدید به مدت ۹۰ دقیقه باعث سرکوب سیستم ایمنی بدن می شود.	[۱۱۳]
ناوارو و همکاران	(۲۰۱۳)	هوازی	شدت متوسط	افزایش سطح سیستم ایمنی بدن	[۱۱۴]





تصویر ۷. ارتباط بین استرس و چاقی با سیستم ایمنی بدن

انجام دهند [۸۶].

[۹۲]. اما آنچه مشخص است این است که شدت بالای فعالیت در تمرینات مقاومتی به طور موقت یک اختلال در سیستم ایمنی ایجاد می کند که باعث باز شدن پنجره بیماری می شود. به همین دلیل پیشنهاد می شود فعالیت ورزشی با شدت متوسط انجام شود. ضمن اینکه فعالیت ورزشی بی هوای بسیار شدید هم باعث این اختلال در سیستم ایمنی می شوند (جدول شماره ۳).

در مطالعه مروری حاضر به بررسی ارتباط بین فعالیت ورزشی و استرس پرداخته شد. ضمن اینکه تحقیقات بسیار زیادی وجود دارند که بیان کرده اند بین استرس و پارامترهای سیستم ایمنی بدن ارتباط های بسیار نزدیکی وجود دارد. سیستم لنفاوی که در بدن وجود دارد از تیموس، طحال، غدد لنفاوی و مغز استخوان تشکیل شده است. وظیفه مهم و اصلی این سیستم تولید و ذخیره هر دو لنفوسیت (سلول های B و T) است. لنفوسیت ها سلول های سفید کوچک خون هستند [۱۱۵]. همچنین لکوسیت ها که به عنوان گلبول سفید شناخته شده اند وظیفه شناسایی و از بین بردن عوامل بیماری زا را دارند. از طرفی عوامل استرس زای مزمن با سرکوب اقدامات سلولی و هومورال همراه هستند [۱۱۶]. سمپاتیک دارای الیافی است که به بافت های غدد لنفاوی، طحال، مغز استخوان و غیره عصب رسانی شده است [۱۱۷] و در هنگام استرس، این الیاف ها به گیرنده های گلبول های سفید متصل هستند و طیف گسترده ای از مواد را ارسال می کنند که در نهایت می توان گفت در پاسخ های سیستم ایمنی بسیار تأثیرگذار است. به عنوان مثال در هنگام استرس فعالیت های سیستم لنفاوی مختل خواهد شد که این می تواند در سیستم ایمنی بدن تأثیر منفی بگذارد [۱۱۵]. در همین راستا مشخص شده است در هنگام استرس فرایند تکثیر لنفوسیت ها سرکوب می شود و این

انجام فعالیت های ورزشی در دوران قرنطینه دقیقاً باید مانند یک دارو برای افراد مختلف تجویز شود. به عنوان مثال اگر فردی بدون هماهنگی با یک متخصص ورزشی یک فعالیت ورزشی پر شدت را انجام دهد احتمال افت عملکرد سیستم ایمنی و ابتلا به ویروس کرونا را پیدا خواهد کرد [۸۷]. در یکی از مطالعات محققان در جستجوی این بودند که چگونه فعالیت ورزشی می تواند باعث جلوگیری از بیماری ها و آنفولانزا شود. در این تحقیق محققان گزارش کردند انجام فعالیت استقامتی به مدت ۳۰ دقیقه در روز می تواند موش ها را از مرگ و ابتلا به آنفولانزا در امان نگه دارد [۸۶]، اما در موش هایی که به مدت طولانی تر تمرین می کردند ابتلا به بیماری افزایش چشم گیری داشت.

ضمن اینکه نوع فعالیتی که در این دوره انجام می شود هم حائز اهمیت است، مشخص شده است که تمرینات مقاومتی با شدت بالا می تواند باعث اختلال در سیستم ایمنی بدن شود [۸۸]. اما انجام فعالیت ورزشی با شدت متوسط و پایین احتمالاً در تقویت سیستم ایمنی تأثیرگذار است [۸۹]. فعالیت ورزشی و سیتوکین ها نقشی اساسی در شروع پاسخ التهابی دارند. اینترلوکین ۶ یکی از اینترلوکین های مهم بدن است که از گلبول های سفید ترشح می شود و در پاسخ های التهابی و ایمنی نقش دارد [۹۰]. در تحقیقی مشخص شده است که در اثر تمرینات استقامتی هم اینترلوکین ۶ افزایش می یابد [۹۱]. با توجه به اینکه در هنگام فعالیت های ورزشی مخصوصاً تمرینات مقاومتی التهاب ایجاد می شود، به همین منظور اینترلوکین ۶ ترشح می شود تا سیتوکین های ضدالتهابی مانند IL-10 و IL-1ra را افزایش دهد

مورد توجه قرار گرفته است پاسخ سلول‌های  $CD8 + T$  است. مشخص شده است در اثر چاقی پاسخ سلول‌های  $CD8 + T$  مختل شده که در نهایت می‌تواند همراه با مرگ‌ومیر و عفونت ریه باشد [۱۳۰]. در مجموع با بررسی مطالعات می‌توان اظهار داشت چاقی می‌تواند منجر به کاهش سطح فعالیت سیستم ایمنی شود که این عامل در زمان ویروس کرونا خطرناک است (تصویر شماره ۷).

### نتیجه‌گیری

با توجه به شیوع ویروس کرونا و افزایش ماندن در خانه، انجام فعالیت ورزشی همراه با حرکات ساده می‌تواند باعث ارتقای سطح سیستم ایمنی بدن و بهبود سیستم قلبی عروقی شود. همچنین با توجه به گزارش‌های متعدد از انجام فعالیت ورزشی با شدت زیاد و کاهش سطح سیستم ایمنی بدن، بهتر است فعالیت ورزشی با شدت متوسط (با مدت‌زمان ۳۰ تا ۴۵ دقیقه) انجام شود. ضمن اینکه پیشنهاد می‌شود در هنگام فعالیت ورزشی در محیط داخلی خانه، رطوبت خانه حفظ شود. در نهایت افرادی که دچار سرماخوردگی شدید یا مبتلا به ویروس کرونا هستند بهتر است از فعالیت ورزشی تا بهبودی کامل خودداری کنند.

### ملاحظات اخلاقی

#### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

اصول اخلاقی در نگارش مقاله، طبق دستورالعمل کمیته ملی اخلاق و آیین نامه COPE رعایت شده است.

#### حامی مالی

معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه تربیت مدرس حامی مالی این پژوهش بوده است.

#### مشارکت نویسندگان

نویسندگان معیارهای کمیته بین‌المللی سردبیران نشریات پزشکی (ICMJE) را رعایت کرده‌اند.

#### تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

#### تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله تشکر و قدردانی خود را از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه تربیت مدرس ابراز می‌دارند.

یکی از عامل‌های مهم در ارتباط با استرس و سیستم ایمنی بدن است [۱۱۸، ۱۱۶]. همچنین مدیریت و نوع استرس افراد می‌تواند در سیستم ایمنی بدن بسیار تأثیرگذار باشد. به عنوان مثال استرس‌های مزمن باعث افزایش فعالیت ایفای سمپاتیک در سیستم لنفاوی می‌شوند و این عامل باعث کاهش عملکرد سلول T خواهد شد که این مدل به عنوان مشهورترین مدل استرس و سیستم ایمنی است. گفته می‌شود استرس مزمن باعث افزایش هم‌زمان و سرکوب پاسخ ایمنی با تغییر الگوهای ترشح سیتوکین می‌شود [۱۱۹]. همچنین هنگام استرس، کورتیزول فعالیت مداوم دارد که این عامل می‌تواند باعث افزایش علائم منفی گوارشی و تضعیف سیستم ایمنی بدن شود. کورتیزول هورمون استروئیدی تولیدشده توسط غده فوق کلیه با اثرات متابولیکی گسترده است که یکی از اثرات آن سرکوب برخی از جنبه‌های سیستم ایمنی بدن است [۱۲۰]. از طرفی با شیوع ویروس کرونا و افزایش طولانی‌مدت ماندن در خانه، یکی از عامل‌های بسیار مهم در افراد، شیوع استرس مزمن است که احتمالاً می‌تواند باعث کاهش فعالیت سیستم ایمنی بدن شود [۱۲۱].

چاقی عملکرد ایمنی بدن را مختل می‌کند، تعداد لکوسیت‌ها و همچنین پاسخ‌های ایمنی ناشی از سلول را تغییر می‌دهد و بر ایمنی بدن تأثیر منفی می‌گذارد. در همین راستا مشخص شده است با افزایش چاقی، تعداد لکوسیت‌ها کاهش یافته، یکپارچگی بافت لنفاوی از بین می‌رود و در نهایت تغییراتی در فنوتیپ التهابی ایجاد می‌شود [۱۲۲]. علاوه بر این، شواهد نشان داده‌اند عملکرد ایمنی تغییر یافته در پاتوزن چاقی نقش دارد [۱۲۳]. چاقی با اختلالات متابولیکی همراه است که این اختلالات منجر به فعال شدن سیستم ایمنی در بافت‌هایی مانند بافت چربی، کبد، لوزالمعده و عروق می‌شود و به صورت التهاب مزمن پدیدار می‌شود [۱۲۴]. این تأثیرات نه تنها ممکن است اختلال متابولیک و خطر ابتلا به بیماری با واسطه ایمنی را پیچیده کرده و تداوم بخشند، بلکه ممکن است خطر ابتلا به سایر بیماری‌های عفونی و مزمن را نیز افزایش دهند [۱۲۵]. استفاده بیش از حد از مواد مغذی و گسترش بافت چربی در بدن منجر به ایجاد استرس مکانیکی در بدن می‌شود و تمام این عوامل در کنار هم باعث فعال شدن یک حالت مزمن و پیش‌التهابی در بافت چربی می‌شوند [۱۲۶]. در همین راستا سارتیبی و همکاران در نتایج خود بیان کردند که استرس و التهاب مداوم درون بافت چربی می‌تواند منجر به آپوپتوز سلول چربی و آزاد شدن واسطه‌های شیمی‌درمانی و در نتیجه باعث نفوذ لکوسیت‌های التهابی در بافت چربی شود [۱۲۷]. از طرفی با ورود لکوسیت‌های التهابی به درون بافت چربی، با ترشح  $IL-1\beta$  و رزیستین باعث تشدید این وضعیت در بافت چربی می‌شود و در همین حین بافت چربی ترشح  $TNF-\alpha$  و  $IL-6$  را افزایش می‌دهد که همه این عوامل باعث کاهش اختلال در سیستم ایمنی بدن می‌شوند [۱۲۸، ۱۲۹].

همچنین از عواملی که در ارتباط با چاقی و سیستم ایمنی بدن

## References

- [1] World Health Organization. Laboratory testing of human suspected cases of novel coronavirus (nCoV) infection: Interim guidance [Internet]. 2020 [Updated 2020 January 10]. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/330374>
- [2] Guan WJ, Ni ZY, Hu Y, Liang WH, Ou CQ, He JX, et al. Clinical characteristics of coronavirus disease 2019 in China. *N Engl J Med*. 2020; 382(18):1708-20. [DOI:10.1056/nejmoa2002032]
- [3] Zheng J. SARS-CoV-2: An emerging coronavirus that causes a global threat. *Int J Biol Sci*. 2020; 16(10):1678-85. [DOI:10.7150/ijbs.45053] [PMCID]
- [4] Nikpouraghdam M, Jalali Farahani A, Alishiri G, Heydari S, Ebrahimnia M, Samadinia H, et al. Epidemiological characteristics of coronavirus disease 2019 (COVID-19) patients in IRAN: A single center study. *J Clin Virol*. 2020; 127:104378. [DOI:10.1016/j.jcv.2020.104378]
- [5] Takian A, Raoufi A, Kazempour-Ardebili S. COVID-19 battle during the toughest sanctions against Iran. *Lancet*. 2020; 395(10229):1035-6. [DOI:10.1016/S0140-6736(20)30668-1]
- [6] World Health Organization. Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard [Internet]. 2020 [Updated 2021 May 15]. Available from: <https://covid19.who.int/>
- [7] Li G, Fan Y, Lai Y, Han T, Li Z, Zhou P, et al. Coronavirus infections and immune responses. *J Med Virol*. 2020; 92(4):424-32. [DOI:10.1002/jmv.25685]
- [8] Shamsi MM, Hassan ZM, Gharakhanlou R. Exercise-induced chaperone activity of hsp70: Possible role in chronic diseases. In: Asea AAA, Kaur P, editors. *Chaperone Activity of Heat Shock Proteins*. Germany: Springer; 2019. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-02254-9\\_10](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-02254-9_10)
- [9] Woods JA, Hutchinson NT, Powers SK, Roberts WO, Gomez-Cabrera MC, Radak Z, et al. The COVID-19 pandemic and physical activity. *Sports Med Health Sci*. 2020; 2(2):55-64. [DOI: 10.1016/j.smhs.2020.05.006]
- [10] Hammami A, Harrabi B, Mohr M, Krstrup P. Physical activity and coronavirus disease 2019 (COVID-19): Specific recommendations for home-based physical training. *Manag Sport Leis*. 2020:1-6. [DOI:10.1080/23750472.2020.1757494]
- [11] Chen P, Mao L, Nassis GP, Harmer P, Ainsworth BE, Li F. Coronavirus disease (COVID-19): The need to maintain regular physical activity while taking precautions. *J Sport Health Sci*. 2020; 9(2):103-4. [DOI:10.1016/j.jshs.2020.02.001] [PMCID]
- [12] Brooks SK, Webster RK, Smith LE, Woodland L, Wessely S, Greenberg N, et al. The psychological impact of quarantine and how to reduce it: Rapid review of the evidence. *Lancet*. 2020; 395(10227):912-20. [DOI:10.1016/S0140-6736(20)30460-8]
- [13] Monteiro CA, Conde WL, Matsudo SM, Matsudo VR, Bonseñor IM, Lotufo PA. A descriptive epidemiology of leisure-time physical activity in Brazil, 1996-1997. *Rev Panam Salud Publica*. 2003; 14(4):246-54. [DOI:10.1590/S1020-49892003000900005]
- [14] Burton NW, Turrell G. Occupation, hours worked, and leisure-time physical activity. *Prev Med*. 2000; 31(6):673-81. [DOI:10.1006/pmed.2000.0763]
- [15] Abel T, Graf N, Niemann S. Gender bias in the assessment of physical activity in population studies. *Soz Praventivmed*. 2001; 46(4):268-72. [DOI:10.1007/BF01593182]
- [16] Martínez-González MA, Varo JJ, Santos JL, De Irala J, Gibney M, Kearney J, et al. Prevalence of physical activity during leisure time in the European Union. *Med Sci Sports Exerc*. 2001; 33(7):1142-6. [DOI:10.1097/00005768-200107000-00011]
- [17] Gomes VB, Siqueira KS, Sichieri R. [Physical activity in a probabilistic sample in the city of Rio de Janeiro]. *Cad Saude Publica*. 2001; 17(4):969-76. [DOI:10.1590/s0102-311x2001000400031]
- [18] Booth FW, Roberts CK, Thyfault JP, Rueggsegger GN, Toedebusch RG. Role of inactivity in chronic diseases: Evolutionary insight and pathophysiological mechanisms. *Physiol Rev*. 2017; 97(4):1351-402. [DOI:10.1152/physrev.00019.2016]
- [19] Sullivan M, Moore M, Blom LC, Slater G. Relationship between social support and depressive symptoms in collegiate student athletes. *J Study Sports Athlete Educ*. 2020; 14(3):192-209. [DOI:10.1080/19357397.2020.1768034]
- [20] Venkatasamy VV, Pericherla S, Manthuruthil S, Mishra S, Hanno R. Effect of physical activity on insulin resistance, inflammation and oxidative stress in diabetes mellitus. *J Clin Diagn Res*. 2013; 7(8):1764-6. [DOI:10.7860/JCDR/2013/6518.3306]
- [21] Liu K, Zhou R, Wang B, Chen K, Shi LY, Zhu J-D, et al. Effect of green tea on glucose control and insulin sensitivity: A meta-analysis of 17 randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr*. 2013; 98(2):340-8. [DOI:10.3945/ajcn.112.052746]
- [22] Perry SA, Coetzer R, Saville CWN. The effectiveness of physical exercise as an intervention to reduce depressive symptoms following traumatic brain injury: A meta-analysis and systematic review. *Neuropsychol Rehabil*. 2020; 30(3):564-78. [DOI:10.1080/09602011.2018.1469417]
- [23] Laurens C, Bergouignan A, Moro C. Exercise-released myokines in the control of energy metabolism. *Front Physiol*. 2020; 11:91. [DOI:10.3389/fphys.2020.00091]
- [24] Simpson RJ, Campbell JP, Gleeson M, Krüger K, Nieman DC, Pyne DB, et al. Can exercise affect immune function to increase susceptibility to infection? *Exerc Immunol Rev*. 2020; 26:8-22. [PMID]
- [25] Tian D, Meng J. Exercise for prevention and relief of cardiovascular disease: Prognoses, Mechanisms, and Approaches. *Oxid Med Cell Longev*. 2019; 2019:3756750. [DOI: 10.1155/2019/3756750]
- [26] Emerenziani GP, Ferrari D, Marocco C, Greco EA, Migliaccio S, Lenzi A, et al. Relationship between individual ventilatory threshold and maximal fat oxidation (MFO) over different obesity classes in women. *PLoS One*. 2019; 14(4):e0215307. [DOI:10.1371/journal.pone.0215307]
- [27] Bersaoui M, Baldew S-SM, Cornelis N, Toelsie J, Cornelissen VA. The effect of exercise training on blood pressure in African and Asian populations: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Eur J Prev Cardiol*. 2020; 27(5):457-72. [DOI:10.1177/2047487319871233]
- [28] Voet NB, van der Kooij EL, van Engelen BG, Geurts AC. Strength training and aerobic exercise training for muscle disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019; 12(12):CD003907. [DOI:10.1002/14651858.CD003907.pub5]
- [29] Brooks SK, Webster RK, Smith LE, Woodland L, Wessely S, Greenberg N, et al. The psychological impact of quarantine and how to reduce it: Rapid review of the evidence. *Lancet*. 2020; 395(10227):912-20. [DOI:10.1016/S0140-6736(20)30460-8]
- [30] Toresdahl BG, Asif IM. Coronavirus disease 2019 (COVID-19): Considerations for the competitive athlete. *Sports health*. 2020; 12(3):221-4. [DOI:10.1177/1941738120918876]



- [31] González-Sanguino C, Ausín B, Castellanos MÁ, Saiz J, López-Gómez A, Ugidos C, et al. Mental health consequences during the initial stage of the 2020 Coronavirus pandemic (COVID-19) in Spain. *Brain Behav Immun*. 2020; 87:172-6. [DOI:10.1016/j.bbi.2020.05.040]
- [32] Szabo A, Griffiths MD, Demetrovics Z. Psychology and exercise. In: Bagchi D, Nair S, Sen CK, editors. *Nutrition and enhanced sports performance: Muscle building, endurance, and strength*. United States: Academic Press; 2018. <https://www.amazon.com/Nutrition-Enhanced-Sports-Performance-Endurance/dp/0128139226>
- [33] Arent SM, Walker AJ, Arent MA. The effects of exercise on anxiety and depression. Tenenbaum G, Eklund RC, editors. *Handbook of sport psychology*. United States: John Wiley & Sons, Inc; 2020. [DOI:10.1002/9781119568124.ch42]
- [34] Parfitt G, Hughes S. The exercise intensity–affect relationship: Evidence and implications for exercise behavior. *J Exerc Sci Fit*. 2009; 7(2):S34-41. [DOI:10.1016/S1728-869X(09)60021-6]
- [35] Zhao JL, Jiang WT, Wang X, Cai ZD, Liu ZH, Liu GR. Exercise, brain plasticity, and depression. *CNS Neurosci Ther*. 2020; 26(9):885-95. [DOI:10.1111/cns.13385]
- [36] Gorzi A, Rajabi H, Rajabi H, Azad A, Molanouri Shamsi M, Hedayati M. [Effect of concurrent, strength and endurance training on hormones, lipids and inflammatory characteristics of untrained men (Persian)]. *IJEM*. 2012; 13(6):614-29. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=275650>
- [37] Furnham A, Badmin N, Sneade I. Body image dissatisfaction: gender differences in eating attitudes, self-esteem, and reasons for exercise. *J Psychol*. 2002; 136(6):581-96. [DOI:10.1080/00223980209604820]
- [38] McDonald K, Thompson JK. Eating disturbance, body image dissatisfaction, and reasons for exercising: Gender differences and correlational findings. *Int J Eat Disord*. 1992; 11(3):289-92. [DOI:10.1002/1098-108X(199204)11:3<289::AID-EAT2260110314>3.0.CO;2-F]
- [39] Prichard I, Tiggemann M. Objectification in fitness centers: Self-objectification, body dissatisfaction, and disordered eating in aerobic instructors and aerobic participants. *Sex roles*. 2005;53(1-2):19-28. [DOI:10.1007/s11199-005-4270-0]
- [40] Jackson EM. Stress relief: The role of exercise in stress management. *ACSMs Health Fit J*. 2013; 17(3):14-9. [DOI:10.1249/FIT.0b013e31828cb1c9]
- [41] Bozkurt B, Kovacs R, Harrington B. HFSA/ACC/AHA statement addresses concerns: Using RAAS antagonists in COVID-19 [Internet] 2020 [Updated 2020 March 17]. Available from: <https://www.acc.org/latest-in-cardiology/articles/2020/03/17/08/59/hfsa-acc-aha-statement-addresses-concerns-re-using-raas-antagonists-in-covid-19>
- [42] Shao Z, Schuster A, Borowski AG, Thakur A, Li L, Tang WHW. Soluble angiotensin converting enzyme 2 levels in chronic heart failure is associated with decreased exercise capacity and increased oxidative stress-mediated endothelial dysfunction. *Transl Res*. 2019; 212:80-8. [DOI:10.1016/j.trsl.2019.06.004]
- [43] Channon KM. Exercise and cardiovascular health: New routes to reap more rewards. *Cardiovasc Res*. 2019; 116(5):e56-8. [DOI:10.1093/cvr/cvz264]
- [44] Bhaskarabhatla KV, Birrer R. Physical activity and diabetes mellitus. *Compr Ther*. 2005; 31(4):291-8. [DOI:10.1385/comp:31:4:291]
- [45] Nystoriak MA, Bhatnagar A. Cardiovascular effects and benefits of exercise. *Front Cardiovasc Med*. 2018; 5:135. [DOI:10.3389/fcvm.2018.00135]
- [46] Marcus MD, Levine MD, Kalarchian MA, Wisniewski L. Cognitive behavioral interventions in the management of severe pediatric obesity. *Cogn Behav Pract*. 2003; 10(2):147-56. [DOI:10.1016/S1077-7229(03)80023-8]
- [47] Tayebi SM, ahmadi hekmatikar A, Ghanbari-Niaki A, Fathi R. [Ghrelin behavior in exercise and training (Persian)]. *Razi J Med Sci*. 2020; 27(1):85-111. <http://rjms.iuams.ac.ir/article-1-5803-en.html>
- [48] Ahmadi SM, Fathi M, RashidLamir A, Aminian F. [Effects of 8 weeks aerobic training on plasma ghrelin level and ghrelin lymphocyte gene expression in elderly men (Persian)]. *Salmad*. 2019; 13(4):494-505. [DOI:10.32598/SIJA.13.4.494]
- [49] Bird L. Exercise lowers leptin and leukocytosis. *Nat Rev Immunol*. 2020; 20(1):2-3. [DOI:10.1038/s41577-019-0253-1]
- [50] Khoramipour K, Ahmadi Hekmatikar A, Sotvan H. [A brief overview of fatmax and MFO in exercise (Persian)]. *Razi J Med Sci*. 2020; 27(3):49-59. <http://rjms.iuams.ac.ir/article-1-5959-fa.html>
- [51] Khosravi N, Hanson E, Farajivafa V, Agha-Alinejad H, Haghghat S, Molanouri Shamsi M, et al. [Changes in monocyte populations following acute aerobic exercise in breast cancer survivors (Persian)]. *Int J Behav Develop*. 2018; 11(1):7-16. <http://ijbd.ir/article-1-659-en.html>
- [52] Owen N, Sparling PB, Healy GN, Dunstan DW, Matthews CE, editors. *Sedentary behavior: emerging evidence for a new health risk*. Mayo Clin Proc. 2010; 85(12):1138-41. [DOI:10.4065/mcp.2010.0444]
- [53] Guo Y, Qiu P, Liu T. Tai Ji Quan: An overview of its history, health benefits, and cultural value. *J Sport Health Sci*. 2014; 3(1):3-8. [DOI:10.1016/j.jshs.2013.10.004]
- [54] Jakicic JM, Winters C, Lang W, Wing RR. Effects of intermittent exercise and use of home exercise equipment on adherence, weight loss, and fitness in overweight women: A randomized trial. *JAMA*. 1999; 282(16):1554-60. [DOI:10.1001/jama.282.16.1554]
- [55] Zhu W. Should, and how can, exercise be done during a coronavirus outbreak? An interview with Dr. Jeffrey A. Woods. *J Sport Health Sci*. 2020; 9(2):105-7. [DOI:10.1016/j.jshs.2020.01.005]
- [56] Mokhtarzade M, Ranjbar R, Majdinasab N, Patel D, Molanouri Shamsi M. Effect of aerobic interval training on serum IL-10, TNF $\alpha$ , and adipokines levels in women with multiple sclerosis: Possible relations with fatigue and quality of life. *Endocrine*. 2017; 57(2):262-71. [DOI:10.1007/s12020-017-1337-y]
- [57] Molanouri Shamsi M, Chekachak S, Soudi S, Gharakhanlou R, Quinn LS, Ranjbar K, et al. Effects of exercise training and supplementation with selenium nanoparticle on T-helper 1 and 2 and cytokine levels in tumor tissue of mice bearing the 4 T1 mammary carcinoma. *Nutrition*. 2019; 57:141-7. [DOI:10.1016/j.nut.2018.05.022]
- [58] Friedrich MJ. Exercise may boost aging immune system. *JAMA*. 2008; 299(2):160-1. [DOI:10.1001/jama.2007.56-a]
- [59] Wang J, Liu S, Li G, Xiao J. Exercise Regulates the Immune System. *Adv Exp Med Biol*. 2020; 1228:395-408. [DOI:10.1007/978-981-15-1792-1\_27]
- [60] Molanouri Shamsi M, Amani Shalamzari S. [Exercise Training, Immune System, and Coronavirus (Persian)]. *Sport Physiol*. 2020; 12(46):17-40. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=761859>
- [61] Ahmadi Hekmatikar A, Haghshenas R, Mohammad Sadeghipour A. The effect of carbohydrate supplementation and pure water on interleukin 10, glucose and hematological indexes in male football players. *Sport Physiol Manage Investig*. 2019; 11(4):135-45. [http://www.sportrc.ir/article\\_105715.html](http://www.sportrc.ir/article_105715.html)

- [62] Molanouri Shamsi M, Alinejad HA, Amani Shalamzari S, Aghayari A, Asghari Jafarabadi M, Talebi Badrabadi K. [Anti-inflammatory effects of a bout of circuit resistance exercise with moderate intensity in inactive obese males (Persian)]. *JSSU*. 2011; 19(5):598-609. <http://jssu.ssu.ac.ir/article-1-1735-fa.html>
- [63] Walsh NP, Gleeson M, Shephard RJ, Gleeson M, Woods JA, Bishop NC, et al. Position statement part one: Immune function and exercise. *Exerc Immunol Rev*. 2011; 17:6-63. [PMID]
- [64] Simpson RJ, Kunz H, Agha N, Graff R. Exercise and the regulation of immune functions. *Prog Mol Biol Transl Sci*. 2015; 135:355-80 [DOI:10.1016/bs.pmbts.2015.08.001]
- [65] Campbell JP, Turner JE. Debunking the myth of exercise-induced immune suppression: Redefining the impact of exercise on immunological health across the lifespan. *Front Immunol*. 2018; 9:648. [DOI:10.3389/fimmu.2018.00648]
- [66] Pedersen BK, Rohde T, Zacho M. Immunity in athletes. *J Sports Med Phys Fitness*. 1996; 36(4):236-45. [PMID]
- [67] Molanouri Shamsi M, Hassan ZM, Quinn LS, Gharakhanlou R, Baghersad L, Mahdavi M. Time course of IL-15 expression after acute resistance exercise in trained rats: Effect of diabetes and skeletal muscle phenotype. *Endocrine*. 2015; 49(2):396-403. [DOI:10.1007/s12020-014-0501-x]
- [68] Martin SA, Pence BD, Woods JA. Exercise and respiratory tract viral infections. *Exerc Sport Sci Rev*. 2009; 37(4):157-64. [DOI:10.1097/JES.0b013e3181b7b57b] [PMCID]
- [69] Phelan D, Kim JH, Chung EH. A game plan for the resumption of sport and exercise after coronavirus disease 2019 (COVID-19) infection. *JAMA Cardiology*. 2020; 5(10):1085-6. [DOI:10.1001/jamacardio.2020.2136]
- [70] Bangsbo J, Mohr M, Poulsen A, Perez-Gomez J, Krstrup P. Training and testing the elite athlete. *J Exerc Sci Fit*. 2006; 4(1):1-14. <https://portal.fndresearcher.sdu.dk/en/publications/training-and-testing-the-elite-athlete>
- [71] Fox SM, Naughton JP, Haskell WL. Physical activity and the prevention of coronary heart disease. *Ann Clin Res*. 1971; 3(6):404-32. [PMID]
- [72] Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee I-M, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2011; 43(7):1334-59. [DOI:10.1249/MSS.0b013e318213f6fb]
- [73] Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol*. 2001; 37(1):153-6. [DOI:10.1016/s0735-1097(00)01054-8] [PMID]
- [74] Khoramipour K, Basereh A, Hekmatikar AA, Castell L, Ruhee RT, Suzuki K. Physical activity and nutrition guidelines to help with the fight against COVID-19. *J Sports Sci*. 2021; 39(1):101-7. [DOI:10.1080/02640414.2020.1807089]
- [75] Vetrovsky T, Steffl M, Stastny P, Tufano JJ. The efficacy and safety of lower-limb plyometric training in older adults: A systematic review. *Sports Med*. 2019; 49(1):113-31. [DOI:10.1007/s40279-018-1018-x] [PMCID]
- [76] Chen P, Mao L, Nassiss GP, Harmer P, Ainsworth BE, Li F. Wuhan coronavirus (2019-nCoV): The need to maintain regular physical activity while taking precautions. *J Sport Health Sci*. 2020; 9(2):103-4. [DOI:10.1016/j.jshs.2020.02.001] [PMCID]
- [77] Halabchi F, Ahmadinejad Z, Selk-Ghaffari M. Covid-19 epidemic: Exercise or not to exercise; That is the question. *Asian J Sports Med*. 2020; 11(1):e102630. [DOI:10.5812/asjasm.102630]
- [78] Toresdahl BG, Asif IM. Coronavirus disease 2019 (COVID-19): Considerations for the competitive athlete. *Sports Health*. 2020; 12(3):221-4. [DOI:10.1177/1941738120918876] [PMCID]
- [79] Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine - evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scand J Med Sci Sports*. 2015; 25(Suppl 3):1-72. [DOI:10.1111/sms.12581] [PMID]
- [80] Norouzi E, Hosseini FS, Vaezmosavi M, Gerber M, Pühse U, Brand S. Zumba dancing and aerobic exercise can improve working memory, motor function, and depressive symptoms in female patients with Fibromyalgia. *Eur J Sport Sci*. 2019; 20(7):981-91. [DOI:10.1080/17461391.2019.1683610]
- [81] Gabriel H, Kindermann W. The acute immune response to exercise: What does it mean? *Int J Sports Med*. 1997; 18(Suppl 1):S28-45. [DOI:10.1055/s-2007-972698] [PMID]
- [82] Radom-Aizik S. Immune response to exercise during growth. *Pediatr Exerc Sci*. 2017; 29(1):49-52. [DOI:10.1123/pes.2017-0003] [PMID]
- [83] Timmons BW, Cieslak T. Human natural killer cell subsets and acute exercise: A brief review. *Exerc Immunol Rev*. 2008; 14:8-23. [PMID]
- [84] Timmons BW. Exercise and immune function in children. *Am J Lifestyle Med*. 2007; 1(1):59-66. [DOI:10.1177/1559827606294851]
- [85] Boas SR, Danduran MJ, McColley SA, Beaman K, O'Gorman MR. Immune modulation following aerobic exercise in children with cystic fibrosis. *Int J Sports Med*. 2000; 21(04):294-301. [DOI:10.1055/s-2000-311]
- [86] Fallon K. Exercise in the time of COVID-19. *Aust J Gen Pract*. 2020; 49(Suppl 13):1-2. <https://cardiologiadoexercicio.com.br/wp-content/uploads/2020/09/Exercicios-em-tempos-de-COVID-19.pdf>
- [87] Ravalli S, Castrogiovanni P, Musumeci G. Exercise as medicine to be prescribed in osteoarthritis. *World J Orthop*. 2019; 10(7):262-7. [DOI:10.5312/wjo.v10.i7.262] [PMCID]
- [88] Miles MP, Kraemer WJ, Grove DS, Leach SK, Dohi K, Bush JA, et al. Effects of resistance training on resting immune parameters in women. *Eur J Appl Physiol*. 2002; 87(6):506-8. [DOI:10.1007/s00421-002-0683-4]
- [89] Calle MC, Fernandez ML. Effects of resistance training on the inflammatory response. *Nutr Res Pract*. 2010; 4(4):259-69. [DOI:10.4162/nrp.2010.4.4.259] [PMCID]
- [90] Pedersen BK, Steensberg A, Keller P, Keller C, Fischer C, Hiscock N, et al. Muscle-derived interleukin-6: lipolytic, anti-inflammatory and immune regulatory effects. *Pflugers Arch*. 2003; 446(1):9-16. [DOI:10.1007/s00424-002-0981-z]
- [91] Suzuki K. Cytokine Response to Exercise and Its Modulation. *Antioxidants (Basel)*. 2018; 7(1):17. [DOI:10.3390/antiox7010017]
- [92] Stewart LK, Flynn MG, Campbell WW, Craig BA, Robinson JP, Timmerman KL, et al. The influence of exercise training on inflammatory cytokines and c-reactive protein. *Med Sci Sports Exerc*. 2007; 39(10):1714-9. [DOI:10.1249/mss.0b013e31811e1ce1c]
- [93] Raines C, Frosig T, Escobar KA, Cotter JA, Schick EE. Acute resistance exercise at varying volume loads does not enhance plasma interleukin-6. *IJKSS*. 2020; 8(1):37-42. <http://www.journals.aiac.org.au/index.php/IJKSS/article/view/5855>

- [94] Xiao C, Beitler JJ, Higgins KA, Chico CE, Withycombe JS, Zhu Y, et al. Pilot study of combined aerobic and resistance exercise on fatigue for patients with head and neck cancer: Inflammatory and epigenetic changes. *Brain Behav Immun*. 2020; 88:184-92. [DOI:10.1016/j.bbi.2020.04.044]
- [95] Scheffer DdL, Latini A. Exercise-induced immune system response: Anti-inflammatory status on peripheral and central organs. *Biochim Biophys Acta Mol Basis Dis*. 2020; 1866(10):165823. [DOI:10.1016/j.bbadis.2020.165823] [PMCID]
- [96] Dixit S. Can moderate intensity aerobic exercise be an effective and valuable therapy in preventing and controlling the pandemic of COVID-19? *Med Hypotheses*. 2020; 143:109854. [DOI:10.1016/j.mehy.2020.109854] [PMCID]
- [97] Highton PJ, White AEM, Nixon DGD, Wilkinson TJ, Neale J, Martin N, et al. Influence of acute moderate- to high-intensity aerobic exercise on markers of immune function and microparticles in renal transplant recipients. *Am J Physiol Renal Physiol*. 2020; 318(1):F76-85. [DOI: 10.1152/ajprenal.00332.2019]
- [98] Sitlinger A, Brander DM, Bartlett DB. Impact of exercise on the immune system and outcomes in hematologic malignancies. *Blood Adv*. 2020; 4(8):1801-11. [DOI:10.1182/bloodadvances.2019001317] [PMCID]
- [99] Nieman DC, Wentz LM. The compelling link between physical activity and the body's defense system. *J Sport Health Sci*. 2019; 8(3):201-17. [DOI:10.1016/j.jshs.2018.09.009] [PMCID]
- [100] de Souza DC, Matos VAF, dos Santos VOA, Medeiros IF, Marinho CSR, Nascimento PRP, et al. Effects of high-intensity interval and moderate-intensity continuous exercise on inflammatory, leptin, iga, and lipid peroxidation responses in obese males. *Front Physiol*. 2018; 9:567. [DOI:10.3389/fphys.2018.00567] [PMCID]
- [101] Hajizadeh Maleki B, Tartibian B, Mooren FC, FitzGerald LZ, Krüger K, Chehrizi M, et al. Low-to-moderate intensity aerobic exercise training modulates irritable bowel syndrome through antioxidative and inflammatory mechanisms in women: Results of a randomized controlled trial. *Cytokine*. 2018; 102:18-25. [DOI:10.1016/j.cyto.2017.12.016]
- [102] Durrer C, Francois M, Neudorf H, Little JP. Acute high-intensity interval exercise reduces human monocyte Toll-like receptor 2 expression in type 2 diabetes. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2017; 312(4):R529-38. [DOI:10.1152/ajpregu.00348.2016] [PMCID]
- [103] Szlezak AM, Szlezak SL, Keane J, Tajouri L, Minahan C. Establishing a dose-response relationship between acute resistance-exercise and the immune system: Protocol for a systematic review. *Immunol Lett*. 2016; 180:54-65. [DOI:10.1016/j.imlet.2016.10.010]
- [104] Dorneles GP, Haddad DO, Fagundes VO, Vargas BK, Kloecker A, Romão PRT, et al. High intensity interval exercise decreases IL-8 and enhances the immunomodulatory cytokine interleukin-10 in lean and overweight-obese individuals. *Cytokine*. 2016; 77:1-9. [DOI: 10.1016/j.cyto.2015.10.003]
- [105] Gomes EC, Florida-James G. Exercise and the Immune System. In: Esser C, editor. *Environmental Influences on the Immune System*. Vienna: Springer Vienna; 2016. <https://www.springer.com/gp/book/9783709118887>
- [106] Sarir H, Emdadifard G, Farhangfar H, TaheriChadorneshin H. Effect of vitamin E succinate on inflammatory cytokines induced by high-intensity interval training. *J Res Med Sci*. 2015; 20(12):1177-81. [DOI:10.4103/1735-1995.172986] [PMCID]
- [107] Zwetsloot KA, John CS, Lawrence MM, Battista RA, Shanelly RA. High-intensity interval training induces a modest systemic inflammatory response in active, young men. *J Inflamm Res*. 2014; 7:9-17. [DOI:10.2147/JIR.S54721] [PMCID]
- [108] Gholamnezhad Z, Boskabady MH, Hosseini M, Sankian M, Khajavi Rad A. Evaluation of immune response after moderate and overtraining exercise in wistar rat. *Iran J Basic Med Sci*. 2014; 17(1):1-8. [PMCID]
- [109] Neves PRDS, Tenório TRDS, Lins TA, Muniz MTC, Pithon-Curi TC, Botero JP, et al. Acute effects of high- and low-intensity exercise bouts on leukocyte counts. *J Exerc Sci Fit*. 2015; 13(1):24-8. [DOI:10.1016/j.jesf.2014.11.003] [PMCID]
- [110] Zimmer P, Baumann FT, Bloch W, Schenk A, Koliimitra C, Jensen P, et al. Impact of exercise on pro inflammatory cytokine levels and epigenetic modulations of tumor-competitive lymphocytes in Non-Hodgkin-Lymphoma patients-randomized controlled trial. *Eur J Haematol*. 2014; 93(6):527-32. [DOI:10.1111/ejh.12395]
- [111] Child M, Leggate M, Gleeson M. Effects of two weeks of high-intensity interval training (HIIT) on monocyte TLR2 and TLR4 expression in high BMI sedentary men. *Int J Exerc Sci*. 2013; 6(1):81-90. <https://digitalcommons.wku.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1485&context=ijes>
- [112] Rahmati M, Khazani A, Gharakhanlou R, Movaheddin M, Manaheji H. [Chronic effects of moderate intensity endurance training on neuropathic pain symptoms in diabetic rats (Persian)]. *Physiol Pharmacol*. 2013; 16(4):435-45. [http://irisweb.ir/files/site1/rds\\_journals/26/article-26-5876.pdf](http://irisweb.ir/files/site1/rds_journals/26/article-26-5876.pdf)
- [113] Shirvani H, Ghahreman Tabrizi K, Sobhani V. [Effects of high intensity intermittent exercise on serum Immunoglobulin's and Complement system response in youth soccer players (Persian)]. *J Birjand Univ Med Sci*. 2013; 20(3):233-43. <http://journal.bums.ac.ir/article-1-1331-en.html>
- [114] Navarro F, Bacurau AVN, Pereira GB, Araújo RC, Almeida SS, Moraes MR, et al. Moderate exercise increases the metabolism and immune function of lymphocytes in rats. *Eur J Appl Physiol*. 2013; 113(5):1343-52. [DOI: 10.1007/s00421-012-2554-y]
- [115] Wright BJ, Eddy PJ, Kent S. Work stress, immune, and inflammatory markers. In: Bültmann U, Siegrist J, editors. *Handbook of Socioeconomic Determinants of Occupational Health*. Germany: Springer; 2020. <https://www.amazon.com/Handbook-Disability-Health-Occupational-Sciences/dp/3030243354>
- [116] Segerstrom SC, Miller GE. Psychological stress and the human immune system: A meta-analytic study of 30 years of inquiry. *Psychol Bull*. 2004; 130(4):601-30. [DOI:10.1037/0033-2909.130.4.601] [PMCID]
- [117] Felten SY, Felten DL. Neural-immune interactions. *Prog Brain Res*. 1994; 100:157-62. [PMID]
- [118] Cohen S, Williamson GM. Stress and infectious disease in humans. *Psychol bull*. 1991; 109(1):5-24. [DOI:10.1037/0033-2909.109.1.5]
- [119] Gouin JP. Chronic stress, immune dysregulation, and health. *Am J Lifestyle Med*. 2011; 5(6):476-85. [DOI:10.1177/1559827610395467]
- [120] Kennedy PJ, Cryan JF, Quigley EMM, Dinan TG, Clarke G. A sustained hypothalamic-pituitary-adrenal axis response to acute psychosocial stress in irritable bowel syndrome. *Psychol Med*. 2014; 44(14):3123-34. [DOI:10.1017/S003329171400052X]
- [121] Hightower LE, Santoro MG. Coronaviruses and stress: From cellular to global. *Cell Stress Chaperones*. 2020; 25(5):701-5. [DOI:10.1007/s12192-020-01155-4]
- [122] Kanneganti T-D, Dixit VD. Immunological complications of obesity. *Nat immunol*. 2012; 13(8):707-12. [DOI:10.1038/ni.2343]



- [123] de Heredia FP, Gómez-Martínez S, Marcos A. Obesity, inflammation and the immune system. *Proc Nutr Soc.* 2012; 71(2):332-8. [DOI:10.1017/S0029665112000092]
- [124] Guilherme A, Virbasius JV, Puri V, Czech MP. Adipocyte dysfunctions linking obesity to insulin resistance and type 2 diabetes. *Nat Rev Mol Cell Biol.* 2008; 9(5):367-77. [DOI:10.1038/nrm2391] [PMCID]
- [125] Feuerer M, Herrero L, Cipolletta D, Naaz A, Wong J, Nayer A, et al. Lean, but not obese, fat is enriched for a unique population of regulatory T cells that affect metabolic parameters. *Nat Med.* 2009; 15(8):930-9. [DOI:10.1038/nm.2002] [PMCID]
- [126] Deng J, Liu S, Zou L, Xu C, Geng B, Xu G. Lipolysis response to endoplasmic reticulum stress in adipose cells. *J Biol Chem.* 2012; 287(9):6240-9. [DOI: 10.1074/jbc.M111.299115] [PMCID]
- [127] Sartipy P, Loskutoff DJ. Monocyte chemoattractant protein 1 in obesity and insulin resistance. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2003; 100(12):7265-70. [DOI: 10.1073/pnas.1133870100] [PMCID]
- [128] Lagathu C, Yvan-Charvet L, Bastard JP, Maachi M, Quignard-Boulangé A, Capeau J, et al. Long-term treatment with interleukin-1beta induces insulin resistance in murine and human adipocytes. *Diabetologia.* 2006; 49(9):2162-73. [DOI:10.1007/s00125-006-0335-z]
- [129] Weisberg SP, McCann D, Desai M, Rosenbaum M, Leibel RL, Ferrante Jr AW. Obesity is associated with macrophage accumulation in adipose tissue. *J Clin Invest.* 2003; 112(12):1796-808. [DOI:10.1172/JCI19246] [PMCID]
- [130] Karlsson EA, Sheridan PA, Beck MA. Diet-induced obesity in mice reduces the maintenance of influenza-specific CD8+ memory T cells. *J Nutr.* 2010; 140(9):1691-7. [DOI:10.3945/jn.110.123653] [PMCID]

This Page Intentionally Left Blank

---