AJCM
Avicenna Journal of Clinical Medicine
Avicenna J Clin Med, 2023; 30(1): 21-29. Doi: 10.32592/ajcm.30.1.21
https://sjh.umsha.ac.ir

Original Article

Effect of Combined Exercise Training and Curcumin Supplementation on Metabolic Indices and Serum Levels of Sirtuin 1 in Men with Metabolic Syndrome

Saeid Shamlou Kazemi[1], Ali Heidarianpour[1], Hanieh Naddaf[2], Fereshteh Mehri[3], Homa Naderifar[4,*]

[1] Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran
[2] Research Center for Molecular Medicine, Hamadan University of Medicine Sciences, Hamadan, Iran
[3] Nutrition Health Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
[4] Hearing Disorders Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

Article history:
Received: 24 February 2023
Revised: 13 April 2023
Accepted: 02 May 2023
ePublished: 14 June 2023

***Corresponding author:** Homa Naderifar, Hearing Disorders Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.
Email: hnaderifar121@gmail.com

Abstract

Background and Objective: Sirtuin1 is one of the important indicators involved in metabolic control, obesity prevention, and homeostasis control. This study aimed to investigate the effect of combined exercises and curcumin consumption on metabolic indices and serum levels of Sirtuin1 in men with metabolic syndrome.

Materials and Methods: The present study was conducted as a clinical trial in men with metabolic syndrome in three intervention groups and one control group. The people in the intervention group underwent an exercise program for 8 weeks and three sessions a week, the supplement group took 3 capsules of 500 mg daily. Blood factors were measured before and after the last training session. Data were analyzed by paired t-test, analysis of variance and covariance.

Results: A significant difference was observed in the intra-group changes of the studied variables (Sirtuin1, HDL, LDL, TG, FBS, and TC) in all three intervention groups ($P \geq 0.05$). The results of analysis of covariance test showed a significant difference between the four groups in the indices (Sirtuin1, HDL, LDL, TG, FBS, and TC) after the test ($P<0.05$).

Conclusion: Combined exercises, curcumin consumption, and implementation of both interventions simultaneously positively affected the metabolic indices and serum levels of Sirtuin1 in people with metabolic syndrome.

Keywords: Combined Exercises, Curcumin, Metabolic Syndrome, Sirtuin1

Please cite this article as follows: Shamlou Kazemi S, Heidarianpour A, Naddaf H, Mehri F, Naderifar, Naderifar. Effect of Combined Exercise Training and Curcumin Supplementation on Metabolic Indices and Serum Levels of Sirtuin 1 in Men with Metabolic Syndrome. *Avicenna J Clin Med.* 2023; 30(1): 21-29. DOI: 10.32592/ajcm.30.1.21

Copyright © 2023 Avicenna Journal of Nursing and Midwifery Care. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

AJCM
مجله پزشکی بالینی ابن سینا
دوره ۳۰، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، صفحات: ۲۹-۲۱
https://sjh.umsha.ac.ir

مقاله پژوهشی

تأثیر تمرینات ترکیبی و مصرف مکمل کورکومین بر شاخص‌های سوخت‌وساز بدن و سطح سرمی سیرتوئین ۱ در مردان مبتلابه سندرم متابولیک

سعید شاملو کاظمی[۱]، علی حیدریان پور[۱]، هانیه نداف[۲]، فرشته مهری[۳]، هما نادری فر[۴،*]

[۱] گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده‌ی تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، همدان، ایران
[۲] مرکز تحقیقات پزشکی مولکولی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
[۳] مرکز تحقیقات بهداشت تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
[۴] مسئول مکاتبات: مرکز تحقیقات اختلالات شنوایی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

تاریخچه‌ی مقاله:
دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۵
ویرایش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۴
پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۲
انتشار: ۱۴۰۲/۰۳/۲۴

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

* **نویسنده‌ی مسئول:** هما نادری فر، مرکز تحقیقات اختلالات شنوایی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.
ایمیل: hnaderifar121@gmail.com

چکیده

سابقه و هدف: سیرتوئین ۱ از شاخص‌های مهم درگیر در کنترل سوخت‌وساز، پیشگیری از چاقی و کنترل هموستاز به شمار می‌آید. هدف این مطالعه بررسی تأثیر تمرینات ترکیبی و مصرف کورکومین بر شاخص‌های سوخت‌وساز و سطح سرمی سیرتوئین ۱ در مردان مبتلابه سندرم متابولیک بود.

مواد و روش‌ها: این مطالعه به‌صورت کارآزمایی بالینی در مردان مبتلابه سندرم متابولیک در سه گروه مداخله و یک گروه کنترل اجرا شد. افراد گروه مداخله تحت برنامه‌ی تمرینی به مدت هشت هفته و سه جلسه در هفته قرار گرفتند، گروه مکمل روزانه سه عدد کپسول ۵۰۰ میلی‌گرمی مصرف کردند و گروه تمرینات به همراه مکمل نیز به‌صورت هم‌زمان به اجرای تمرینات و مصرف مکمل پرداختند. پیش و پس از آخرین جلسه‌ی تمرین، عوامل خونی اندازه‌گیری شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از آزمون تی-زوجی، آنالیز واریانس و آنالیز کوواریانس استفاده شد.

یافته‌ها: تفاوت معنی داری در میزان تغییرات درون گروهی متغیرهای بررسی‌شده (سیرتوئین ۱، HDL، LDL، TG، FBS، TC) در هر سه گروه مداخله وجود داشت (P≤۰/۰۵). نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد در پس‌آزمون، بین چهار گروه در شاخص های سیرتوئین ۱، HDL، LDL، TG، FBS، TC) تفاوت معناداری وجود دارد (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: تمرینات ترکیبی، مصرف کورکومین و اجرای هر دو مداخله به‌طور هم‌زمان، تأثیر مثبتی بر شاخص‌های سوخت‌وساز بدن و سطح سرمی سیرتوئین ۱ افراد مبتلابه سندرم متابولیک دارد.

واژگان کلیدی: تمرینات ترکیبی، سندرم متابولیک، سیرتوئین ۱، کورکومین

استناد: شاملو کاظمی، سعید؛ حیدریان پور، علی؛ نداف، هانیه؛ مهری، فرشته؛ نادری فر، هما. تأثیر تمرینات ترکیبی و مصرف مکمل کورکومین بر شاخص‌های سوخت‌وساز بدن و سطح سرمی سیرتوئین ۱ در مردان مبتلابه سندرم متابولیک. مجله پزشکی بالینی ابن‌سینا، بهار ۱۴۰۲؛۳۰(۱): ۲۹-۲۱.

مقدمه

سندرم متابولیک به مجموعه‌ای از اختلالات در وضعیت سلامت فرد اطلاق می‌شود که با افزایش در چربی شکمی، فشارخون بالا، تری‌گلیسیرید بالا، قند خون بالا و کاهش لیپوپروتئین با چگالی بالا همراه است [۱]. سندرم متابولیک خطر ابتلا به بیماری عروق کرونر قلب (CHD)، سایر اشکال بیماری‌های مرتبط به سفتی دیواره‌ی سرخرگ قلبی (CVD) و دیابت نوع ۲ (DMT2) را افزایش می‌دهد [۲]. علل اصلی سندرم متابولیک را می‌توان افزایش وزن و چاقی، مقاومت به انسولین، الگوی غذایی ناسالم، بی‌تحرکی بدنی، عوامل ژنتیکی و افزایش سن مطرح کرد [۱]. بزرگسالان مبتلابه سندرم متابولیک در مقایسه با افراد هم‌سن سالم خود، دو برابر بیشتر در معرض

خطر مرگ و سکته‌ی قلبی قرار دارند. تخمین می‌زنند ۲۰ تا ۲۵ درصد از بزرگ‌سالان در سراسر جهان به سندرم متابولیک مبتلا هستند [۳]؛ ازاین‌رو، پیشرفت روش‌های درمانی مکمل و راه‌کارهای جدید در راستای پیشگیری از این بیماری امری ضروری به نظر می‌رسد [۴-۷].

اولین خط درمان برای مقابله با سندرم متابولیک، کاهش وزن ناشی از رژیم غذایی همراه با فعالیت بدنی است؛ زیرا این تغییرات در سبک زندگی باعث بهبود مؤلفه‌های این بیماری و به کاهش خطر ابتلا به آرتروواسکلروز قلبی-عروقی و دیابت منجر می‌شود [۸]. فعالیت بدنی و انقباض در عضلات، علاوه بر اینکه انرژی سلولی را مصرف می‌کند و موجب محدودیت کالری می‌شود، سبب تنظیم افزایشی پروتئین‌های درگیر در سوخت‌وساز انرژی هم می‌شود. محدودیت کالری موجب تأخیر در فرایند پیری و کاهش بسیاری از بیماری‌های مرتبط به سن، نظیر سندرم متابولیک می‌شود. از طرف دیگر می‌توان بیان کرد، کاهش گلوکز و افزایش نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید (NADH) ناشی از ورزش باعث فعال‌سازی سیرتوئین ۱ می‌شود [۹]. سیرتوئین ۱، یک دی‌استیلاز وابسته به NAD^+ است که محدودیت کالری بیان آن را افزایش می‌دهد [۱۰]. سیرتوئین ۱ بخشی از پروتئین داستیلازهای وابسته به نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید (NADH/NAD) است که فرایندهای مهم سلولی همچون فرایند مرگ سلول، ترشح انسولین و سوخت‌وساز بدن را تنظیم و همچنین در راستای کنترل هموستاز عمل می‌کند و از طریق داستیلاز کردن هیستون‌ها در بسیاری از اعمال حیاتی، ازجمله کنترل اکسایش چربی‌ها نقش دارد. بیش‌بیانی سیرتوئین ۱ موجب بهبود حساسیت به انسولین و هموستاز گلوکز می‌شود؛ ازاین‌رو می‌تواند هدف درمانی جدیدی در راستای پیشگیری و درمان سندرم متابولیک در نظر گرفته شود [۱۱].

کورکومین که از خانواده‌ی زنجبیل است، در برابر تعدادی از بیماری‌ها ازجمله سرطان، اختلالات مزمن مفصلی، بیماری کبد چرب غیرالکلی، اضطراب و افسردگی، بیماری‌های تنفسی، دیابت و اختلالات چربی خون مؤثر است و همچنین خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی دارد و نشان داده‌اند که می‌توان سیرتوئین ۱ را با فعال کردن مولکول‌های کوچک افزایش داد [۱۲].

همچنین می‌توان عنوان کرد که اجرای فعالیت‌های ورزشی منظم می‌تواند موجب کاهش وزن، کاهش فشارخون، بهبود اختلالات چربی و همچنین افزایش لیپوپروتئین با چگالی بالا و کاهش تری‌گلیسرید شود. مطالعات مختلفی بر تأثیر تمرینات ترکیبی بر سندرم متابولیک انجام‌شده است. از سوی دیگر، تمرین ترکیبی ممکن است به کاهش سطح فشارخون سیستولی، کاهش سطح کلسترول تام و بهبود نتایج آزمایش چربی خون در افراد مبتلابه سندرم متابولیک شود [۱۳].

بااین‌حال، برخلاف اهمیت نقش فیزیولوژیکی سیرتوئین ۱ در افراد مبتلابه سندرم متابولیک، پاسخ این پروتئین به تمرینات ترکیبی و مصرف کورکومین در مبتلایان به سندرم متابولیک روشن نیست. لازم است راه‌کارهایی برای کاهش احتمال ابتلا به سندرم متابولیک و درمان آن در نظر گرفته شود. لذا این مطالعه با هدف بررسی تأثیر برنامه‌ی تمرینات ترکیبی و مصرف کورکومین بر میزان سطوح سرمی سیرتوئین ۱ و عوامل مرتبط به چربی خون در مردان مبتلابه سندرم متابولیک انجام شد.

روش کار

این پژوهش یک مطالعه‌ی کارآزمایی بالینی در بین مردان مبتلابه سندرم متابولیک است که به کلینیک دیابت بیمارستان امام حسین ملایر از مهر تا بهمن ۱۴۰۰ مراجعه کرده بودند. پس از توضیح اهداف مطالعه، رضایت‌نامه‌ی کتبی آگاهانه از شرکت‌کنندگان داوطلب اخذ شد. از مردانی برای شرکت در مطالعه‌ی حاضر دعوت شد که بر اساس معیارهای تشخیصی پانل درمانی بزرگ‌سالان (ATPIII) به سندرم متابولیک مبتلا بودند؛ یعنی سه نشانگر از این پنج نشانگر در آن‌ها مشاهده شد: چاقی شکمی (دور کمر در مردان، مساوی یا بیشتر از ۸۸ سانتی‌متر)، تری‌گلیسیرید بیشتر یا مساوی ۱۵۰mg/dl یا تحت درمان داروهای ضد چربی، فشارخون بیشتر یا مساوی ۱۳۰/۸۵ میلی‌متر جیوه یا درمان با داروهای ضد فشارخون، قند خون ناشتای بیشتر یا مساوی ۱۰۰ mg/dl و لیپوپروتئین پُرچگال (HDL) کمتر از ۴۰ mg/dl یا تحت درمان داروهای ضد چربی [۱۴].

معیارهای ورود به مطالعه شامل مردان غیرفعال با دامنه‌ی سنی ۴۵ تا ۶۵ بود که سابقه‌ی هیچ‌گونه فعالیت ورزشی منظم در یک سال گذشته و همچنین هیچ‌گونه بیماری مزمن اسکلتی عضلانی نداشتند. معیارهای خروج از مطالعه شامل رعایت نکردن پروتکل تمرین مطالعه و تغییر در برنامه‌ی روزانه‌ی بیمار طبق نظر پزشک، مصرف دخانیات یا دارو و مکمل خاص بود. تعداد نمونه‌های محاسبه‌شده برای این پژوهش برمبنای فرمول محاسبه‌ی حجم نمونه‌ی مربوط به کارآزمایی‌های بالینی و با در نظر گرفتن خطای نوع اول آلفا: ۰/۰۵ و خطای نوع دوم بتا: ۰/۱ به دست آمد [۱۵]. سپس افراد به سه گروه مداخله (گروه تمرینات ترکیبی، ۱۵ نفر، گروه مکمل، ۱۵ نفر و گروه تمرینات به همراه مکمل ۱۵ نفر) و یک گروه کنترل (۱۵ نفر) تقسیم شدند.

مداخلات تمرین

یک هفته پیش از شروع پژوهش، آزمودنی‌ها در جلسه‌ای به‌منظور آشناسازی با نحوه‌ی صحیح اجرای تمرینات شرکت کردند. جلسات تمرینی را دو مربی مجرب آمادگی جسمانی هدایت کردند. برنامه‌ی تمرین برای گروه تمرینات ترکیبی و گروه تمرینات به همراه مکمل، شامل سه روز تمرین در هفته به مدت هشت هفته بود که در بین هر جلسه آزمودنی‌ها ۴۸ ساعت فرصت استراحت داشتند. تمام جلسات تمرین با ۱۰ دقیقه گرم کردن آغاز شد و در ادامه، پس از اتمام تمرینات به سرد کردن پرداختند [۱۶]. برنامه‌ی تمرینی نیز بر اساس توصیه‌های کالج پزشکی ورزشی آمریکا انجام گرفت. همچنین از گروه کنترل درخواست شد تا در طول دوره‌ی پژوهش، روند زندگی معمول خود را حفظ کنند. پروتکل تمرینی شامل تمرینات ترکیبی به مدت هشت هفته و در هر هفته، سه جلسه و هر جلسه به مدت ۶۰ دقیقه بود. برنامه‌ی تمرین هوازی شامل دویدن روی نوار گردان به مدت ۲۰ دقیقه با شدتی معادل ۶۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره بود و همچنین

تمرینات مقاومتی با شدتی معادل ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه، همراه با ۱۰ تکرار در هر حرکت، برای دو دور متوالی با استراحت سی‌ثانیه‌ای بین هر حرکت و در مجموع، استراحت دودقیقه‌ای بین هر دور در نظر گرفته شد. تمرینات مقاومتی ۱۰ حرکت داشت که به ترتیب شامل فلکشن ساق، اکستنشن ساق، پرس پا، اسکات، کشش زیربغل، پرس سینه، حرکت صلیب با دمبل، جلو بازو، پشت بازو و دراز نشست بود. شدت تمرینات هنگام اجرای تمرین با استفاده از ضربان‌سنج پولار ساخت فنلاند (در محدوده‌ی ۵± ضربه خطا از ضربان قلب محاسبه‌شده) کنترل شد. ضربان قلب ذخیره نیز از حاصل تفریق ضربان قلب بیشینه از ضربان قلب استراحتی (HRR = HRmax – HRrest) به دست آمد. برنامه‌ی تمرین مقاومتی بر اساس اصول علمی طراحی تمرین مقاومت دایره‌ای و اصول علمی فیزیولوژی ورزشی با به‌کارگیری عضلات بزرگ بدن آغاز شد و با تمرین عضلات کوچک‌تر بدن پایان یافت. هر چهار هفته یک‌بار از آزمودنی‌ها آزمون یک تکرار بیشینه گرفته شد و شدت تمرینات دوباره بر اساس یک تکرار بیشینه‌ی جدید پایه‌ریزی شد.

قدرت عضلانی با آزمون یک تکرار بیشینه در حرکات پرس سینه روی نیمکت و پرس پا اندازه‌گیری شد. افراد باید هشت تکرار را با ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه که بر اساس ظرفیت هر شرکت‌کننده تخمین زده می‌شود، انجام دهند تا یک دقیقه استراحت کنند و سپس سه تکرار دیگر را با ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه انجام دهند. پس از یک استراحت سه‌دقیقه‌ای، آزمایش‌های بعدی برای یک تکرار با وزنه‌های به‌تدریج سنگین‌تر انجام شد تا اینکه میزان یک تکرار بیشینه در طی سه تلاش مشخص شد، با در نظر گرفتن سه تا پنج دقیقه استراحت بین تمرین‌ها [۱۷].

برنامه مصرف مکمل

افراد مصرف‌کننده‌ی مکمل به مدت هشت هفته، روزانه سه عدد کپسول ۵۰۰ میلی‌گرمی کورکومین شرکت داروسازی کارن مصرف نمودند [۱۸]، همچنین گروه تمرینات به همراه مصرف مکمل نیز به اجرای تمرینات و مصرف مکمل به‌صورت هم‌زمان پرداختند.

ترکیب بدنی

وزن افراد با استفاده از ترازوی سکا با دقت ۰/۵ کیلوگرم اندازه‌گیری شد و برای اندازه‌گیری قد آزمودنی‌ها از قدسنج نواری نصب‌شده روی دیوار با دقت ۰/۱ سانتی‌متر استفاده شد [۱۹].

آنالیز بیوشیمیایی خون

خون‌گیری در دو مرحله، یک روز قبل از اولین جلسه‌ی تمرین و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه‌ی تمرین در هفته‌ی هشتم انجام شد. تمامی نمونه‌ها ۱۲ ساعت ناشتا بودند. قبل از هر نوبت خون‌گیری، آزمودنی‌ها چند دقیقه در حالت نشسته استراحت کردند و سپس به‌ترتیب در کمترین زمان از ورید بازویی در ناحیه‌ی آرنج آن‌ها ۱۰ سی‌سی خون دریافت شد. درنهایت پس از اتمام خون‌گیری، نمونه‌ها برای لخته شدن، ۲۰ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفتند و سپس لوله‌های حاوی نمونه به مدت ۱۲ دقیقه با سه هزار دور در هر دقیقه، سانتریفیوژ شدند و سرم جداسازی شد و در دمای منفی ۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد نگهداری شدند و بخشی دیگر با افزودن ماده‌ی ضد انعقاد EDTA به‌منظور اندازه‌گیری سطح قند خون، به‌صورت پلاسما تهیه شد. چربی‌های خون (تری‌گلیسیرید، کلسترول تام، HDL-کلسترول و LDL-کلسترول) به‌صورت آنزیمی توسط کیت پارس آزمون اندازه‌گیری شد. غلظت سرمی سیرتوئین با استفاده از روش الایزای کیت شرکت زل‌بایو آلمان با حساسیت 0.1ng/mL اندازه‌گیری شد [۲۰].

تحلیل آماری

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی 26 و از آمار توصیفی برای اندازه‌گیری میانگین و انحراف معیار و از آزمون تی-زوجی، آنالیز واریانس و آنالیز کوواریانس در سطح معنی‌داری ($P\leq0.05$) استفاده شد.

نتایج

ویژگی‌های پایه‌ی افراد شرکت‌کننده به تفکیک گروه‌های مطالعه در جدول ۱ نشان داده‌شده است. برای مقایسه‌ی سن، وزن و قد افراد شرکت‌کننده در گروه‌های مطالعه از آزمون آنالیز واریانس استفاده شد. بر اساس نتایج این آزمون، تفاوت معنی‌داری در ویژگی‌های پایه‌ی افراد شرکت‌کننده در گروه‌های گوناگون مطالعه مشاهده نشد ($P>0/05$).

جدول ۱: توزیع ویژگی‌های پایه به تفکیک گروه‌های مطالعه شده (N=۶۰)

متغیرها	گروه‌های مطالعه				*P*-value
	کنترل	مکمل کورکومین	تمرینات ترکیبی	کورکومین+ تمرینات	
سن	۵۴/۵۰ ± ۴/۸۵	۵۸/۵۰ ± ۴/۵۰	۵۹/۵۰ ± ۳/۵۰	۵۶/۵۰ ± ۳/۵۰	۰/۲۵۸
وزن	۷۹/۸۴ ± ۷/۳۱	۸۹/۷ ± ۵/۵۶	۹۳/۶ ± ۴/۳۱	۸۷/۵ ± ۶/۲۰	۰/۳۲۱
قد	۱۷۷/۰۰ ± ۷/۲۵	۱۷۹/۵ ± ۵/۸۵	۱۸۱/۴ ± ۳/۲۵	۱۷۵/۸ ± ۴/۱۵	۰/۱۸۳

*نتایج به‌صورت میانگین ± انحراف معیار است.

برای مقایسه‌ی هر یک از متغیرها، بین گروه‌های مطالعه به تفکیک پیش و پس از آزمون، از آزمون آنالیز واریانس استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد بین HDL، LDL، HbA_1، FBS، کلسترول و TG پس از آزمون، تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($P<۰/۰۵$). همچنین، بر اساس نتایج آزمون آنالیز واریانس، تفاوت معنی‌داری در هیچ‌یک از متغیرهای بررسی‌شده بین گروه‌های مطالعه، پیش از آزمون مشاهده نشد. نتایج آزمون تی-زوجی نشان داد که تفاوت معنی داری در میزان تغییرات درون گروهی متغیرهای بررسی‌شده (لیپوپروتئین با چگالی بالا، لیپوپروتئین با چگالی پایین، تری‌گلیسیرید، قند خون، کلسترول تام و هموگلوبین گلیکوزیله) در هر دو گروه تمرینی وجود دارد ($P\leq۰/۰۵$)، اما در گروه کنترل بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون، تفاوت معنی‌داری در هیچ‌یک از متغیرهای بررسی‌شده مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). برای مقایسه‌ی اثر تمرینات ترکیبی و مکمل بر متغیرهای اندازه‌گیری شده در مردان، پس از آزمون با کنترل اثر پیش از آزمون، از آزمون آنالیز کوواریانس استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد که پس از کنترل اثر پیش‌آزمون، در میزان شاخص ها (سیرتوئین ۱، لیپوپروتئین با چگالی بالا، تری‌گلیسیرید، قند خون، کلسترول تام و هموگلوبین گلیکوزیله) تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($P<۰/۰۵$)، (جدول ۲).

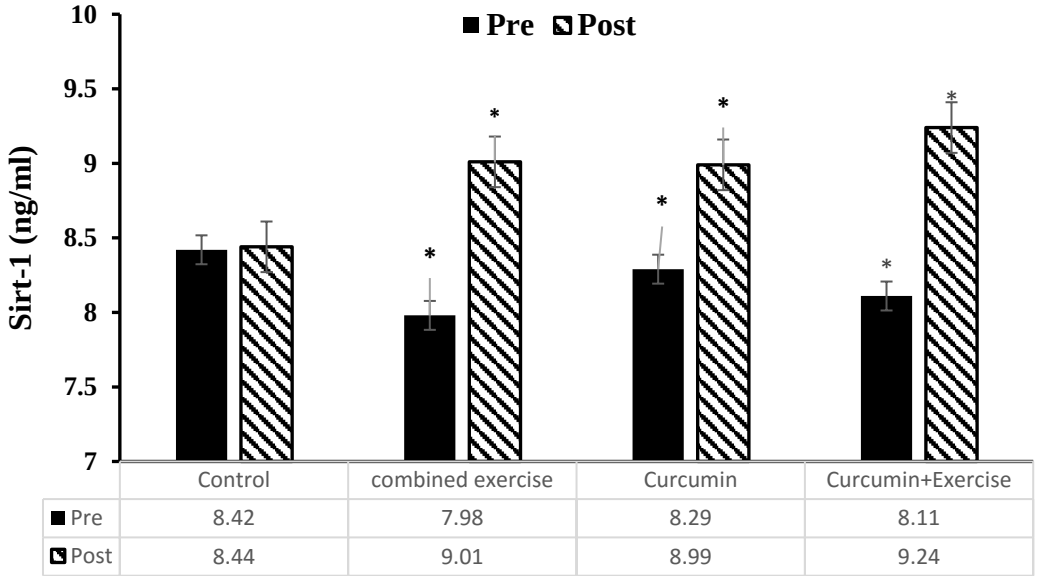
جدول ۲: مقایسه‌ی داده‌های پایه‌ی درون‌گروهی و بین‌گروهی

متغیرها	گروه‌ها	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
HDL mg/dl	تمرینات ترکیبی	۵/۱۷±۴۲/۷	۳/۷۶±۵۳/۲
	مکمل کورکومین	۶/۹۶±۴۱/۷	۵/۵۲±۵۵/۹
	کورکومین + تمرینات	۵/۳۸±۴۸/۲	۳/۸۷±۶۱/۴
	کنترل	۴/۱۲±۴۶/۳	۵/۸۳±۴۴/۰
	مقایسه‌ی بین‌گروهی**	۰/۴۲۳	<۰/۰۰۱
LDL mg/dl	تمرینات ترکیبی	۱۹/۵۷±۱۱۶/۶	۱۵/۲۱±۹۷/۲
	مکمل کورکومین	۱۴/۲۱±۱۰۷/۲	۱۶/۵۶±۹۳/۱
	کورکومین + تمرینات	۱۶/۵۹±۱۱۱/۸	۱۱/۲۱±۸۸/۹
	کنترل	۱۲/۵۱±۱۱۹/۲	۷۶.۱۴±۱۲۲/۲
	مقایسه‌ی بین‌گروهی**	۰/۴۱۱	۰/۰۰۶
$CHbA_1$ %	تمرینات ترکیبی	۰/۵۲±۸/۴	۰/۵۵±۷/۰۷
	مکمل کورکومین	۰/۶۷±۸/۲۱	۰/۸۵±۷/۴
	کورکومین + تمرینات	۰/۶۸±۸/۳۲	۰/۵۹±۷/۱
	کنترل	۰/۵۲±۷/۸۵	۰/۸۴±۸/۰
	مقایسه‌ی بین‌گروهی**	۰/۳۱۲	۰/۰۰۵
FBS	تمرینات ترکیبی	۹/۲۶±۱۳۴/۸	۸/۱۳±۱۲۴/۴
	مکمل کورکومین	۸/۷۶±۱۲۸/۳	۶/۸۱±۱۲۰/۹
	کورکومین + تمرینات	۸/۵۵±۱۳۹/۲	۶/۶۴±۱۲۵/۹
	کنترل	۷/۹۷±۱۲۸/۹	۵/۱۳±۱۳۰/۸
	مقایسه‌ی بین‌گروهی**	۰/۲۵۸	<۰/۰۰۱
SBP mmHg	تمرینات ترکیبی	۳/۱۵±۱۶۱/۰	۴/۰۶±۱۴۵/۸
	مکمل کورکومین	۳/۷۵±۱۵۶/۰	۴/۸۸±۱۵۴/۵
	کورکومین + تمرینات	۶/۶۱±۱۵۸/۵	۳/۶۵±۱۴۲/۵
	کنترل	۴/۶۵±۱۵۶/۳	۶/۵۴±۱۵۷/۱
	مقایسه بین‌گروهی**	۰/۲۱۵	۰/۰۶۶
DBP mmHg	تمرینات ترکیبی	۴/۸۷±۱۲۹/۶	۶/۲۳±۱۱۶/۵
	مکمل کورکومین	۴/۶۱±۱۲۸/۱	۴/۱۴±۱۲۶/۱
	کورکومین+ تمرینات	۳/۹۱±۱۲۸/۸	۵/۷۳±۱۱۵/۲
	کنترل	۳/۰۶±۱۲۸/۴	۷/۱۶±۱۲۸/۴
	مقایسه‌ی بین‌گروهی**	۰/۹۹۲	۰/۰۸۸
Cholesterol mg/dl	تمرینات ترکیبی	۱۴/۵۳±۲۱۶/۸	۱۱/۳۷±۱۹۷/۳
	مکمل کورکومین	۱۳/۱۷±۲۲۶/۲	۱۷/۶۵±۲۱۳/۶
	کورکومین + تمرینات	۱۶/۱۵±۲۲۸/۳	۱۵/۲۶±۲۰۵/۳
	کنترل	۱۳/۱۶±۲۰۸/۵	۱۲/۲۸±۲۰۷/۴

ادامه جدول ۲

	مقایسه‌ی بین‌گروهی**	۰/۰۵۸	۰/۰۰۸
TG mg/dl	تمرینات ترکیبی	۱۶/۳۴±۲۰۴/۶	۱۴/۱۹±۱۸۴/۱
	مکمل کورکومین	۱۷/۲۵±۱۹۸/۲	۱۳/۸۵±۱۸۱/۸
	کورکومین + تمرینات	۱۸/۶۳±۲۱۱/۴	۱۵/۲۵±۱۸۸/۳
	کنترل	۱۵/۲۶±۱۹۸/۵	۱۷/۶۷±۲۰۱/۶
مقایسه‌ی بین‌گروهی**		۰/۶۶۱	۰/۰۰۴

**آزمون آنالیز واریانس



	Control	combined exercise	Curcumin	Curcumin+Exercise
Pre	8.42	7.98	8.29	8.11
Post	8.44	9.01	8.99	9.24

شکل ۱: مقایسه‌ی داده‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون سیرتوئین ۱ (نانوگرم/ میلی‌لیتر) در گروه‌ها

*: سطح معنی‌داری (P<۰/۰۵)

میانگین سیرتوئین در هر یک از گروه‌های مطالعه بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون با استفاده از آزمون تی-زوجی بررسی شد. نتایج این آزمون نشان داد که در هر سه گروه تمرینی، تفاوت معنی‌داری بین میانگین سیرتوئین، پیش و پس از آزمون وجود دارد (شکل ۱).

بحث

نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان می‌دهد اجرای یک دوره‌ی کوتاه‌مدت تمرینات ورزشی و مصرف مکمل، علاوه بر کاهش عوامل خطر بیماری‌های قلبی و سوخت‌وسازی، موجب بهبود سطح سیرتوئین ۱ در مردان مبتلابه سندرم متابولیک می‌شود.

سیرتوئین ۱ از طریق FOXO در چندین فرآیند فیزیولوژیکی، ازجمله سوخت‌وساز قند خون و تجزیه چربی نقش دارد و در پژوهش‌های متعددی به آن توجه شده است [۱۲]. مطالعات محدودی تأثیر انواع فعالیت بدنی بر سطح سرمی سیرتوئین ۱ را بررسی کرده‌اند. Guerra و همکاران گزارش دادند که به دنبال اجرای تمرینات ورزشی، افزایش چشمگیری در سطح NAD^+ و به دنبال آن، در سطح سیرتوئین ۱ مشاهده می‌شود [۹]. Ferrara و همکاران گزارش کردند که درنتیجه‌ی اجرای ۶ هفته تمرینات هوازی با شدت بالا، افزایشی در سطح پروتئین سیرتوئین ۱ در عضلات اسکلتی افراد سالم مشاهده می‌شود [۹]. Suwa و همکاران نیز بیان کردند که درنتیجه‌ی اجرای تمرینات ورزشی، بیان پروتئین سیرتوئین ۱ در رت‌هایی از گروه‌های سنی مختلف افزایش‌یافته است [۹]. راداک و همکاران در پژوهشی بیان کردند که اجرای تمرینات مقاومتی ممکن است فعالیت سیرتوئین ۱ را افزایش دهد [۱۰]. در پژوهشی توسط Grabowska و همکاران عنوان شد که مصرف کورکومین ممکن است بیان سیرتوئین ۱ را در انسان افزایش دهد [۹]. از مطالعاتی که نتایج آن‌ها با مطالعه‌ی حاضر هم‌سو نبود، می‌توان به مطالعه‌ی Marton و همکاران اشاره کرد، آن‌ها نشان دادند که به دنبال اجرای سه ماه فعالیت شنا در رت‌ها، اگرچه در وضعیت سوخت‌وساز بدنی آزمودنی‌ها تغییراتی مشاهده شد، در سطح سرمی سیرتوئین ۱ تغییری حاصل نشد [۲۱]. این تناقض میان نتایج مطالعات ممکن است به دلیل تفاوت در روش اجرا و شدت تمرینات، سن و جنسیت آزمودنی‌ها و وضعیت آمادگی بدنی افراد بررسی‌شده باشد. به‌طورکلی می‌توان بیان کرد که شواهد هم‌سو با مطالعه‌ی حاضر، بر این باورند که تمرینات ورزشی منظم موجب بهبود سطح سیرتوئین ۱ می‌شود و احتمالاً بخشی از اثرات مثبت فعالیت بدنی بر وضعیت سوخت‌وسازی بدن از طریق این

پروتئین اعمال می‌شود. شواهد نشان می‌دهند که به دنبال اجرای تمرینات ورزشی، پروتئین کیناز وابسته به AMP و NAMPT موجب افزایش سطح NAD^+ درون‌سلولی می‌شود و افزایش NAD^+ با تحریک و افزایش سیرتوئین ۱ همراه است، درنهایت سیرتوئین ۱ از طریق دی‌استیلاسیون گیرنده‌ی آلفا و گامای فعال‌شده توسط تکثیرکننده‌ی پروکسی زوم (PGC-1)، موجب اکسیداسیون چربی، جذب قند خون و زیست‌زایی میتوکندریایی می‌شود [۲۱]. AMPK با کاهش نسبت ATP/AMP، فسفوکراتین (CP) و سطح گلیکوژن فعال می‌شود. کاهش CP و گلیکوژن تحت تأثیر شدت تمرین است. فعال شدن AMPK موجب افزایش NAD^+ می‌شود که این عامل خود نیز سیرتوئین ۱ را فعال می‌کند [۲۲]. از سوی دیگر، افزایش در تولید سوپراکسید و کاهش ATP به دنبال مصرف کورکومین، موجب فعال‌سازی AMPK می‌شود که به‌نوبه‌ی خود، سطح NAD^+ را افزایش می‌دهد و درنهایت موجب فعال شدن سیرتوئین ۱ می‌شود. علاوه‌بر این، مصرف کورکومین با افزایش سطوح cAMP، اثر ورزش را بر زیست زایی میتوکندری در عضله‌ی اسکلتی افزایش می‌دهد [۱۲].

مقاومت به انسولین را پاسخ ناقص قند خون به مقدار خاصی از انسولین تعریف می‌نمایند. در بسیاری از این بیماران، برای رفع این نقص به‌منظور حفظ سطح قند خون، مقدار انسولین در گردش افزایش می‌یابد. مقاومت به انسولین را می‌توان از مؤلفه‌های اصلی سندرم متابولیک نامید که خطر ابتلا به بیماری قلبی عروقی و مرگ‌ومیر را افزایش می‌دهد [۱۹]. بااین‌حال، عنوان‌شده است که فعالیت ورزشی کافی به همراه سبک زندگی سالم، از طریق مسیرهای مختلف، موجب کاهش قند خون و بهبود مقاومت به انسولین می‌شود. تمرینات ورزشی نرخ جذب قند خون در عضلات اسکلتی را افزایش می‌دهد و همچنین سبب افزایش محتوای ناقل غشایی قند خون و افزایش حساسیت به انسولین، به دنبال تخلیه‌ی گلیکوژن درون عضلانی، افزایش چگالی مویرگی و افزایش گلیکوژن‌سنتتاز می‌شود [۱۹]. از سوی دیگر، کورکومین مقاومت به انسولین و همچنین تحمل در برابر قند خون را کاهش می‌دهد و درنهایت موجب کاهش سطح پلاسمایی قند خون می‌شود. کورکومین Kappa-β را مهار می‌کند، التهاب را کاهش می‌دهد و در چاقی تأخیر ایجاد می‌کند و به دنبال این فرایندها، موجب کاهش مقاومت به انسولین می‌شود [۲۳]. بیان کرده‌اند که مصرف کورکومین می‌تواند موجب بهبود معنی‌دار در مقاومت به انسولین و تحمل در برابر قند خون شود [۱۲]. Suh و همکاران در تحقیقی، اثر ۱۲ هفته تمرینات مقاومتی و هوازی را بررسی کردند و بیان کردند که این تمرینات مقاومت به انسولین را کاهش می‌دهند [۲۴]. نتایج ما نشان داد هر دو شیوه‌ی آزموده شده در پژوهش حاضر، سطح قند خون و هموگلوبین گلیکوزیله را بهبود می‌دهند. هم‌سو با نتایج پژوهش ما، عاملی و همکاران بیان کردند که مصرف کورکومین موجب بهبود مقاومت به انسولین می‌شود [۲۵]. در این راستا و مشابه با نتایج ما، Marson و همکاران در متاآنالیز خود بیان کردند که به دنبال اجرای تمرینات ترکیبی، افزایش برداشت قند خون به‌وسیله‌ی انسولین، تحریک و به افزایش حساسیت انسولین منجر می‌شود و همچنین سطح قند خون ناشتا را کاهش می‌دهد [۵]. از سوی دیگر، خرمجاه و همکاران با بررسی تأثیر ۱۰ هفته تمرینات ورزشی، به این نتیجه رسیدند که این تمرینات بر سطوح شاخص‌های مقاومت به انسولین و سایر نشانگرهای سوخت‌وسازی، تأثیر معناداری ندارد [۲۶]. دلفان و همکاران بیان کردند که مصرف چهار هفته کورکومین بر سطح قند خون و مقاومت انسولین تأثیر معنی‌داری ندارد [۲۷]. از دلایل احتمالی تناقض در یافته‌ها می‌توان به تفاوت در شیوه‌ی تمرینی، مدت‌زمان کوتاه مصرف مکمل و وضعیت سلامت و آمادگی افراد آزموده شده اشاره کرد.

وجود مقدار ناسالم چربی خون و افزایش فشار خون در بین بیماران مبتلابه سندرم متابولیک شایع است و افراد مبتلابه چاقی، اغلب از اختلال سوخت‌وسازی چربی خون و فشار خون بالا رنج می‌برند که ممکن است خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی را افزایش دهد. یکی از یافته‌های مطالعه‌ی پیش رو، بهبود نیم‌رخ چربی به دنبال اجرای فعالیت بدنی و مصرف کورکومین بود که در هر سه گروه آزمایش‌شده، نتایج نشان داد که مصرف کرکومین در تغییرات تری‌گلیسیرید، کلسترول، لیپوپروتئین با چگالی پایین و لیپوپروتئین با چگالی بالا مؤثر بوده است؛ درحالی‌که تمرینات ترکیبی موجب بهبود فشار خون در بیماران شده است، اما کورکومین تأثیر معنی‌داری بر متغیر فشار خون نداشت که هم‌سو با نتایج مطالعات دیگر است [۲۸]. Yang و همکاران پس از بررسی اثر تمرینات ترکیبی بر شاخص‌های سلامت قلبی سوخت‌وسازی گروهی از زنان میان‌سال چاق، به این نتیجه رسیدند که این تمرینات پیشرفت‌های مؤثری را بر نتایج آزمایش چربی خون (تری‌گلیسیرید، کلسترول و لیپوپروتئین با چگالی پایین) ایجاد می‌کند [۲۹]. در پژوهشی توسط Ha و همکاران مشخص شد که تمرینات ترکیبی موجب بهبود نتایج آزمایش چربی خون در افراد سالمند می‌شود [۳۰]. بهبود ظرفیت اکسیداسیون اسیدهای چرب و نیم‌رخ چربی به دنبال اجرای تمرینات ورزشی را به افزایش بیان آنزیم‌های سوخت‌وسازی کلیدی درون میتوکندری و عضلات اسکلتی، مانند افزایش معنادار بیان آنزیم ۳-هیدروکسی آسیل کوآ دهیدروژناز، سیترات سنتاز، بتا-هیدروکسی آسیل کوآ دهیدروژناز عضلانی و پروتئین متصل به اسید چرب عضلانی، نسبت داده‌اند. تمرینات ترکیبی با ایجاد کاهشی موقتی در فشار خون، حتی بعد از یک جلسه تمرین، به دلیل پدیده‌ای به نام افت فشارخون بعد از ورزش (PEH) تأثیرات خود را نشان می‌دهد. عواملی ازجمله شدت، مدت‌زمان و نوع تمرین انجام‌شده همراه با سطوح فشارخون استراحتی ممکن است دامنه و مدت‌زمان PEH را تحت تأثیر بگذارد و اجازه دهد پاسخ‌های مختلفی در سیستم قلبی عروقی به‌طور چشمگیری فشارخون را در پاسخ به اثرات حاد و نیمه‌حاد و مزمن بعد از ورزش تغییر دهد [۳۱]. از سوی دیگر، کورکومین موجب سرکوب فعالیت اسید چرب سنتتاز (Fatty acid synthase) و افزایش فعالیت بتا اکسیداسیون اسید چرب

می‌شود که ممکن است به کاهش ذخیره‌ی چربی منجر شود و ازاین‌رو، از افزایش چربی‌های خون جلوگیری کند [۱۸]. علاوه‌بر این، مصرف کورکومین با افزایش سطوح cAMP، اثر ورزش را بر زیست زایی میتوکندری در عضله‌ی اسکلتی و به دنبال آن، بیان آنزیم‌های دخیل در سوخت‌وساز چربی را افزایش می‌دهد [۱۲]. نظری و همکاران نشان دادند که تمرینات ورزشی به‌جز تغییرات در کلسترول تام، تأثیر معنی‌داری بر سایر مؤلفه‌های آزمایش چربی خون ندارد [۳۲]. همچنین Baum و همکاران نشان دادند که مصرف کورکومین هیچ‌گونه تأثیر معنی‌داری بر سطوح نیم‌رخ چربی ندارد [۳۳]. به نظر می‌رسد که اجرای تمرینات ترکیبی و مصرف کورکومین، موجب بهبود مؤلفه‌های آزمایش چربی خون در بیماران مبتلابه سندرم متابولیک می‌شود. بااین‌حال، به دلیل مقطعی بودن و تعداد کم نمونه و همچنین ثبت نکردن مقدار غذای دریافتی آزمودنی‌ها، به‌منظور توصیه‌ی قطعی، به مطالعات بیشتری نیاز است. در پژوهش حاضر، عوامل بالادستی و پایین‌دستی سیرتوئین ۱ مانند AMPK، FOXO3 و NF-KB به‌منظور تعیین دقیق مسیر پیام‌دهی تمرینات و مکمل در کنترل وزن و سایر متغیرها سنجیده نشده‌اند. ازاین‌رو، توصیه می‌شود در پژوهش‌های آینده، شاخص‌های مذکور بررسی شوند.

نتیجه‌گیری

پس از مداخله، نتایج نشان می‌دهد که در مقایسه با قبل از مداخله، ۸ هفته برنامه‌ی تمرینی و مصرف مکمل، تأثیر مثبتی بر مؤلفه‌های سوخت‌وسازی افراد مبتلابه سندرم متابولیک دارد و همچنین موجب بهبود سطح سیرتوئین ۱ در این بیماران می‌شود. تمرینات انجام‌شده و مصرف مکمل در این پژوهش، مؤلفه‌های آزمایش چربی خون و همچنین سطح هموگلوبین گلیکوزیله و قند خون را نیز در این بیماران بهبود بخشید.

تشکر و قدردانی

این مقاله از طرح تحقیقاتی مصوب دانشگاه علوم پزشکی همدان به شماره‌ی ۱۴۰۱۰۴۲۸۲۹۲۹ نتیجه شده است. از تمامی افرادی که در جمع‌آوری داده‌های این مطالعه کمک کرده‌اند، سپاسگزاری می‌کنیم.

تضاد منافع

در این مطالعه تضاد منافع وجود ندارد.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه دارای تأییدیه از کمیته‌ی اخلاق دانشگاه علوم پزشکی همدان با شناسه‌ی IR.UMSHA.REC.1401.145 و همچنین دارای کد (IRCT 20170114031921N1) از مرکز ثبت کارآزمایی‌های بالینی کشور است. در ضمن رضایت‌نامه‌ی کتبی آگاهانه از شرکت‌کنندگان داوطلب اخذ شد.

سهم نویسندگان

نویسنده‌ی اول (پژوهشگر اصلی): تدوین پروپوزال، نگارش بخش‌های مختلف طرح، نظارت بر تمرینات، نگارش مقاله (۳۰ درصد)؛ نویسنده‌ی دوم (پژوهشگر همکار): مشاور علمی طرح (۱۵ درصد)؛ نویسنده‌ی سوم (پژوهشگر همکار): مشاور علمی طرح (۱۵ درصد)، نویسنده‌ی چهارم (پژوهشگر همکار): مشاور علمی طرح (۱۰ درصد)؛ نویسنده‌ی پنجم (پژوهشگر اصلی): مسئول مکاتبات، تدوین چهارچوب اصلی طرح، ناظر کل پروژه، ویرایش علمی مقاله (۳۰ درصد).

حمایت مالی

این پژوهش با استفاده از حمایت‌های مالی و اعتبارهای پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی همدان انجام‌شده است.

REFERENCES

1. Chowdhury MZI, Anik AM, Farhana Z, Bristi PD, Abu Al Mamun B, Uddin MJ, et al. Prevalence of metabolic syndrome in Bangladesh: a systematic review and meta-analysis of the studies. *BMC Public Health*. 2018;**18**(1):1-14. PMID: 29499672 DOI: 10.1186/s12889-018-5209-z
2. Kassi E, Pervanidou P, Kaltsas G, Chrousos G. Metabolic syndrome: definitions and controversies. *BMC Med*. 2011;**9**(1):1-13. PMID: 21542944 DOI: 10.1186/1741-7015-9-48
3. Alkhulaifi F, Darkoh C. Meal timing, meal frequency and metabolic syndrome. *Nutrients*. 2022;**14**(9):1719. PMID: 35565686 DOI: 10.3390/nu14091719
4. Zoghi G, Nejatizadeh A, Shahmoradi M, Ghaemmaghami Z, Kheirandish M. Prevalence of metabolic syndrome and its determinants in the middle-aged and elderly population in A Southern Coastal Region, Iran (the PERSIAN Cohort Study): A Cross-sectional Study. *Shiraz E-Med J*. 2022;**23**(3);e116838. DOI: 10.5812/semj.116838
5. Marson EC, Delevatti RS, Prado AK, Netto N, Kruel LF. Effects of aerobic, resistance, and combined exercise training on insulin resistance markers in overweight or obese children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Prev Med*. 2016;**93**:211-8. PMID: 27773709 DOI: 10.1016/j.ypmed.2016.10.020
6. Eghbalian F. A comparison of supine and prone positioning on improves arterial oxygenation in premature neonates. *J Neonatal Perinatal Med*. 2014;**7**(4):273-7. PMID: 25468620 DOI: 10.3233/NPM-14814049
7. Razazan A, Nicastro J, Slavcev R, Barati N, Arab A, Mosaffa F, et al. Lambda bacteriophage nanoparticles displaying GP2, a HER2/neu derived peptide, induce prophylactic and therapeutic activities against TUBO tumor model in mice. *Sci Rep*. 2019;**9**(1):2221. PMID: 30778090 DOI: 10.1038/s41598-018-38371-z
8. Oh EG, Bang SY, Hyun SS, Kim SH, Chu SH, Jeon JY, et al. Effects of a 6-month lifestyle modification intervention on the cardiometabolic risk factors and health-related qualities of life in women with metabolic syndrome. *Metabolism*. 2010;**59**(7):1035-43. PMID: 20045151 DOI: 10.1016/j.metabol.2009.10.027
9. Pacifici F, Di Cola D, Pastore D, Abete P, Guadagni F, Donadel G, et al. Proposed tandem effect of physical activity and sirtuin 1 and 3 activation in regulating glucose homeostasis. *Int J Mol Sci*. 2019;**20**(19):4748. PMID: 31557786 DOI: 10.3390/ijms20194748
10. Radak Z, Suzuki K, Posa A, Petrovszky Z, Koltai E, Boldogh I. The systemic role of SIRT1 in exercise mediated adaptation. *Redox Biol*. 2020;**35**:101467. PMID: 32086007 DOI: 10.1016/j.redox.2020.101467
11. Pardo PS, Boriek AM. SIRT1 regulation in ageing and obesity. *Mech Ageing Dev*. 2020;**188**:111249. PMID: 32320732 DOI: 10.1016/j.mad.2020.111249
12. Zendedel E, Butler AE, Atkin SL, Sahebkar A. Impact of curcumin on sirtuins: A review. *J Cell Biochem*. 2018; **119**(12):10291-300. PMID: 30145851 DOI: 10.1002/jcb.27371
13. Wewege MA, Thom JM, Rye KA, Parmenter BJ. Aerobic, resistance or combined training: A systematic review and meta-analysis of exercise to reduce cardiovascular risk in adults with metabolic syndrome. *Atherosclerosis*. 2018;

274:162-71. PMID: 29783064 DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2018.05.002
14. Alberti KG, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JI, Donato KA, et al. Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the international diabetes federation task force on epidemiology and prevention; national heart, lung, and blood institute; American heart association; world heart federation; international atherosclerosis society; and international association for the study of obesity. *Circulation*. 2009; **120**(16):1640-5. PMID: 19805654 DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192644
15. Saghebjoo M, Nezamdoost Z, Saffari I, Hamidi A. The effect of twelve weeks of aerobic training on serum levels of interleukin-6, vaspin and serum amyloid A in postmenopausal women with metabolic syndrome. *SJKU*. 2017;**21**(6):44-54. DOI: 10.22102/21.6.44
16. Naderifar H, Mohammad khani Gangeh M, Mehri F, Shamloo Kazemi S. Effects of high intensity interval training and consumption of matcha green tea on malondialdehyde and glutathione peroxidase levels in women. *J Mazandaran Univ Med Sci.* 2022;**32**(212):42-53.
17. Assarzade Noushabadi M, Abedi B. Effects of combination training on insulin resistance index and some inflammatory markers in inactive men. *Intern Med Today.* 2012;**18**(3):95-105.
18. Adibian M, Hodaie H, Hedayati M, Sohrab G. Effect of curcumin supplementation on risk factors of cardiovascular disease in patient with type 2 diabetes. *Med Res J.* 2017;**41**(2):86-96.
19. Atashak S, Roshdi Bonab R, Kianmarz Bonab V. Comparison of the effect of high-intensity interval training (HIIT) and moderate-intensity continuous training (MICT) on syndrome metabolic factors in menopause obese women with metabolic syndrome. *JSB*. 2020;**12**(3):307-28. DOI: 10.22059/jsb.2020.297304.1385
20. Safarpour P, Daneshi-Maskooni M, Vafa M, Nourbakhsh M, Janani L, Maddah M, et al. Vitamin D supplementation improves SIRT1, Irisin, and glucose indices in overweight or obese type 2 diabetic patients: a double-blind randomized placebo-controlled clinical trial. *BMC Fam Pract.* 2020; **21**(1):1-10. PMID: 32033527 DOI: 10.1186/s12875-020-1096-3
21. Saremi A, Shahrjerdi S, Kavyani A. The Effect of aerobic training on metabolic parameters and 1serumlevel of Sirtuin1 in women with type 2 diabetes. *J Arak Uni Med Sci*. 2016;**19**(114):88-97.
22. Cantó C, Jiang LQ, Deshmukh AS, Mataki C, Coste A, Lagouge M, et al. Interdependence of AMPK and SIRT1 for metabolic adaptation to fasting and exercise in skeletal muscle. *Cell Metab.* 2010;**11**(3):213-9. PMID: 20197054 DOI: 10.1016/j.cmet.2010.02.006
23. Kuhad A, Chopra K. Curcumin attenuates diabetic encephalopathy in rats: behavioral and biochemical evidences. *Eur J Pharmacol*. 2007;**576**(1-3):34-42. PMID: 17822693 DOI: 10.1016/j.ejphar.2007.08.001
24. Suh S, Jeong IK, Kim MY, Kim YS, Shin S, Kim SS, et al. Effects of resistance training and aerobic exercise on insulin sensitivity in overweight korean adolescents: a controlled randomized trial. *Diabetes Metab J.* 2011;**35**(4):418-26. PMID: 21977463 DOI: 10.4093/dmj.2011.35.4.418
25. Ameli H, Moini-Zangani T, Masoudnia F, Sabetkasaei M. The comparison of curcumin's effect with or without metformin on blood glucose levels in diabetic rats. *Pajoohandeh*. 2015;**19**(6):312-9.
26. Khoramjah M, Khorshidi D, Karimi M. Effect of moderate-intensity aerobic training on some hormonal and metabolic factors associated with breast cancer in overweight postmenopausal women. *Iran J Ageing*. 2019;**14**(1):74-83. DOI: 10.32598/sija.13.10.450
27. Delfan M, Rabiee M, Amadeh Juybari R. Synergistic Effect of high intensity interval training (hiit) combined with curcumin on Bax and Bcl-2 Gene expression in soleus muscle of diabetic rats. *IJDLD*. 2021;**20**(3):210-9.
28. Bull F, Goenka S, Lambert V, Pratt M. Physical activity for the prevention of cardiometabolic disease. *DCPP*. 2017;**5**. PMID: 30212081 DOI: 10.1596/978-1-4648-0518-9_ch5
29. Yang SJ, Hong HC, Choi HY, Yoo HJ, Cho GJ, Hwang TG, et al. Effects of a three-month combined exercise programme on fibroblast growth factor 21 and fetuin-A levels and arterial stiffness in obese women. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2011;**75**(4):464-9. PMID: 21521346 DOI: 10.1111/j.1365-2265.2011.04078.x
30. Ha CH, So WY. Effects of combined exercise training on body composition and metabolic syndrome factors. *Iran J Public Health.* 2012;**41**(8):20-6. PMID: 23113220
31. Hausswirth C, Marquet LA, Nesi X, Slattery K. Two weeks of high-intensity interval training in combination with a non-thermal diffuse ultrasound device improves lipid profile and reduces body fat percentage in overweight women. *Front Physiol*. 2019;**10**:1307. DOI: 10.3389/fphys.2019.01307
32. Nazari M, Gholamrezaei S, Shabani R. Effect of a period circuit resistance training on components of the metabolic syndrome in females with type II diabetes. *IJEM*. 2016;**17**(5):362-70.
33. Baum L, Cheung SK, Mok VC, Lam LC, Leung VP, Hui E, et al. Curcumin effects on blood lipid profile in a 6-month human study. *Pharmacol Res.* 2007;**56**(6):509-14. PMID: 17951067 DOI: 10.1016/j.phrs.2007.09.013