Journal of North Khorasan University of Medical Sciences
No 71, Volume 18, Issue 3

Check for updates

Review Article

The Effect of Aerobic Exercise on Serum Osteocalcin Levels and Insulin Resistance in Adult Women: A Systematic Review and Meta-Analysis

Omid Zafarmand[1], Khadijeh Molaei[2]*, Abbas Saremi[3]

[1] MSc in Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sports Sciences, School of Humanities, University of Yasouj, Yasouj, Iran
[2] MSc in Exercise Physiology, Department of Sport Sciences, Faculty of Education and Psychology, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
[3] Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Arak University, Arak, Iran

*Corresponding author: Khadijeh Molaei, Department of Sport Sciences, Faculty of Education and Psychology, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran. E-mail: kh.molaei2027@gmail.com

DOI: 10.66224/nkums.18.3.14

How to Cite this Article:
Omid Zafarmand, Khadijeh Molaei, Abbas Saremi. The Effect of Aerobic Exercise on Serum Osteocalcin Levels and Insulin Resistance in Adult Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. J North Khorasan Uni Med Sci. 2026;18(3):14-25. DOI:10.66224/nkums.18.3.14

Received: February 18, 2026
Accepted: June 09, 2026

Keywords:
Adults
Aerobic exercise
Insulin resistance
Osteocalcin
Women

Abstract

Introduction: Osteocalcin (OCN) plays a role in regulating glucose metabolism and insulin sensitivity; however, the impact of aerobic exercise on OCN levels in adult women remains inconsistent across studies. This systematic review and meta-analysis aimed to evaluate the effects of aerobic exercise on osteocalcin levels and insulin resistance in adult women.

Methods: A systematic search was conducted across major databases, including PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar, NoorMags, Magiran, and SID, for studies published up to January 18, 2025. Studies comparing aerobic exercise with a control group on OCN and insulin resistance were included. Quantitative data, such as means, standard deviations, and sample sizes, were extracted. A meta-analysis was performed using a random-effects model, and the standardized mean difference (SMD) with 95% confidence intervals (CI) was calculated via Comprehensive Meta-Analysis (CMA2) software to determine the effect size.

Results: Meta-analysis of 8 studies involving 275 adult women demonstrated that aerobic exercise significantly increased serum OCN levels [SMD=1.841 (95% CI: 0.524 to 3.159); P=0.006] and significantly reduced insulin resistance [SMD=-1.011 (95% CI: -1.852 to -0.171); P=0.018] compared to the control group.

Conclusion: Aerobic exercise is an effective approach for enhancing key metabolic health markers in adult women. These findings highlight the necessity of integrating aerobic activities into health-oriented and physical activity programs for this population.

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-10-14]

Copyright *© 2026 The Author(s); Published by Journal of North Khorasan University of Medical Sciences. 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 others to copy and redistribute material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.*

مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی
دوره ۱۸، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۵

مقاله مروری

تأثیر تمرینات هوازی بر سطح سرمی استئوکلسین و مقاومت به انسولین در زنان بزرگسال: مرور نظام‌مند و فراتحلیل

امید ظفرمند[۱]، خدیجه ملایی[۲*]، عباس صارمی[۳]

[۱] کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران
[۲] کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
[۳] استاد، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اراک، ایران

***نویسنده مسئول:** خدیجه ملایی، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
ایمیل: kh.molaei2027@gmail.com

DOI: 10.66224/nkums.18.3.14

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۱۹

واژگان کلیدی:
تمرین هوازی
استئوکلسین
مقاومت به انسولین
زن
بزرگسال

چکیده

مقدمه: استئوکلسین (OCN) در تنظیم متابولیسم گلوکز و حساسیت به انسولین نقش دارد و تمرینات هوازی ممکن است بر آن اثر بگذارند، اما نتایج مطالعات در زنان بزرگسال متناقض است. هدف این مطالعه، مرور نظام‌مند و فراتحلیل اثر تمرینات هوازی بر سطح استئوکلسین و مقاومت به انسولین در زنان بزرگسال است.

روش‌کار: جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی اصلی، PubMed، Scopus، Web of Science، Google Scholar، NoorMags، Magiran و SID از ابتدا تا ۱۸ ژانویه ۲۰۲۵ برای مطالعات تمرین هوازی در برابر گروه شاهد بر روی OCN و مقاومت به انسولین صورت گرفت. پس از استخراج داده‌های کمی شامل میانگین، انحراف معیار و حجم نمونه، فراتحلیل با استفاده از مدل اثرات تصادفی و تفاوت میانگین وزنی (SMD) استانداردشده و فاصله اطمینان ۹۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار CMA2 برای تعیین اندازه اثر انجام شد.

یافته‌ها: فراتحلیل ۸ مطالعه شامل ۲۷۵ شرکت‌کننده زن بزرگسال نشان داد که تمرینات هوازی منجر به افزایش معنادار سطوح سرمی OCN [P=۰/۰۰۶، (۰/۵۲۴ الی ۳/۱۵۹) SMD=۱/۸۴۱] و کاهش معنادار مقاومت به انسولین [P=۰/۰۱۸، (۱/۸۵۲- الی ۰/۱۷۱-) SMD=-۱/۰۱۱] در مقایسه با گروه شاهد شده است.

نتیجه‌گیری: تمرینات هوازی یک رویکرد کارآمد برای ارتقاء برخی معیارهای سلامتی در زمینه متابولیسم در میان این گروه از زنان محسوب می‌شوند. این نتایج، ضرورت گنجاندن فعالیت‌های هوازی در برنامه‌های سلامت‌محور و ورزشی برای زنان بالغ را برجسته می‌سازد.

مقدمه

در دهه‌های اخیر، نگاه به استخوان از یک بافت صرفاً ساختاری فراتر رفته و این اندام به‌عنوان یک عضو اندوکرین پویا با نقش مؤثر در تنظیم متابولیسم انرژی مطرح شده است. در این میان، استئوکلسین[۱] (OCN)، هورمون استخوانی که عمدتاً توسط سلول‌های استخوان‌ساز (استئوبلاست‌ها) سنتز می‌شود، نقش حیاتی در تنظیم متابولیسم انرژی بدن، به ویژه در حوزه متابولیسم گلوکز و حساسیت به انسولین، ایفا می‌کند [۱]. تحقیقات علمی به‌طور فزاینده‌ای نشان داده‌اند که ارتباط معکوسی بین سطوح پایین OCN در گردش خون (سرم) و بروز اختلالات متابولیک مانند مقاومت به انسولین، نقص در ترشح انسولین توسط سلول‌های بتا پانکراس و افزایش چشمگیر خطر ابتلا به دیابت نوع دو (T2DM[۲]) وجود دارد [۲].

سازوکارهای مولکولی که از طریق آنها استئوکلسین اثرات متابولیک خود را اعمال می‌کند، پیچیده و چندگانه هستند. یکی از مسیرهای کلیدی، فعال‌سازی پروتئین کیناز فعال‌شونده با میتوژن

[1] . Osteocalcin

[2] . Type 2 Diabetes

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-10-14]

(AMPK[1]) است. این فعال‌سازی که در سلول‌های کبد و عضلات اسکلتی رخ می‌دهد، منجر به افزایش جذب گلوکز توسط این بافت‌ها و بهبود حساسیت کلی سلول‌ها به اثرات انسولین می‌شود. علاوه بر این، تحقیقات نشان می‌دهند که استئوکلسین دارای خواص ضدالتهابی است که می‌تواند به‌طور غیرمستقیم از طریق کاهش التهاب سیستمیک، مقاومت به انسولین را تعدیل کند [۳].

شواهد حاصل از مطالعات اولیه حیوانی نشان می‌دهد که OCN قادر است ترشح انسولین را تحریک کرده و پاسخ بافت‌ها به انسولین را تقویت کند؛ امری که جایگاه استخوان را به‌عنوان یک عضو هورمون‌ساز در تنظیم تعادل انرژی برجسته می‌سازد [۴]. افزون بر مطالعات حیوانی، یافته‌های انسانی نیز نشان می‌دهند که غلظت سرمی OCN با شاخص‌های مقاومت به انسولین[2] رابطه‌ای معکوس و معنادار دارد. به‌گونه‌ای که افزایش سطوح OCN اغلب با بهبود حساسیت به انسولین و وضعیت متابولیکی مطلوب‌تر در گروه‌های جمعیتی مختلف همراه است [۵].

با وجود افزایش آگاهی عمومی نسبت به اهمیت فعالیت بدنی، شواهد نشان می‌دهد که میزان مشارکت در فعالیت‌های جسمانی در سال‌های اخیر روندی کاهشی داشته است. در سطح جهانی، تنها حدود یک‌چهارم افراد به توصیه‌های مربوط به فعالیت بدنی پایبند هستند. کمبود زمان، محدودیت دسترسی به امکانات مناسب و نبود انگیزه کافی، شایع‌ترین موانع گزارش‌شده برای انجام منظم فعالیت بدنی محسوب می‌شوند [۶]. تمرین هوازی منظم به تنظیم متابولیسم گلوکز و کاهش مقاومت به انسولین کمک کرده و در مدیریت اختلالات متابولیک مؤثر است [۷]. علاوه بر این، یافته‌های حاصل از مرورهای نظام‌مند و فراتحلیل‌های اخیر نشان می‌دهند که تمرین بدنی منظم می‌تواند به‌طور معناداری موجب افزایش سطوح سرمی OCN، به‌ویژه فرم زیست‌فعال نامکربوکسیله آن (ucOC) شود؛ تغییری که با کاهش شاخص‌های مقاومت به انسولین و تعدیل مطلوب آدیپوکاین‌ها همراه بوده و بر نقش کلیدی تعامل استخوان با مسیرهای متابولیک در پاسخ به تمرین تأکید دارد [۴].

در مطالعه‌ای بر روی زنان یائسه دارای اضافه وزن و چاق، یارس و همکاران (۲۰۲۵) پس از ۶ هفته تمرین تناوبی، کاهش غیرمعنادار را در سطح OCN و در مقاومت به انسولین مشاهده کردند [۳]. از سوی دیگر، قربانیان و بارانی (۲۰۱۷) پس از ۱۰ هفته تمرین هوازی در زنان دیابتی نوع دو، افزایش معنادار OCN و کاهش معنادار مقاومت به انسولین را مشاهده کردند [۲]. به‌طور مشابه، فخری و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه خود بر روی دختران دارای اضافه وزن، پس از ۶ هفته تمرین هوازی، افزایش معنادار OCN و کاهش معنادار مقاومت به انسولین را گزارش کردند [۸]. در مطالعه دیگر کاملی و همکاران (۲۰۱۵) پس از ۸ هفته تمرین هوازی، افزایش معنادار OCN و کاهش غیرمعنادار در مقاومت به انسولین را مشاهده کردند [۹].

شواهد موجود از مطالعات فراتحلیل، اثرگذاری تمرینات ورزشی بر هورمون‌های استخوانی، به‌ویژه OCN، را نشان می‌دهند. در این میان، نتایج همسو مانند فراتحلیل ژانگ و همکاران (۲۰۲۵) در زنان یائسه [۱۰] و فراتحلیل محمدرحیمی و همکاران (۲۰۲۱) در جمعیت بزرگسال [۴]، افزایش معنادار OCN را با مداخلات ورزشی تأیید می‌کنند. این یافته‌ها حاکی از نقش بالقوه تمرین بدنی در تنظیم محور استخوان- متابولیسم هستند. با این‌حال، در بررسی تأثیر تمرینات هوازی بر مقاومت به انسولین، تناقضات قابل توجهی مشاهده می‌شود که از یک سو، فراتحلیل ظفرمند و همکاران (۲۰۲۵) با ارزیابی ۱۷ مطالعه، کاهش معنادار مقاومت به انسولین را در افراد مبتلا به اختلالات متابولیکی در گروه تمرین هوازی نسبت به گروه شاهد گزارش کرده است [۱۱]. از سوی دیگر، فراتحلیل ملایی و همکاران (۲۰۲۵) در زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک[3] (PCOS)، کاهش غیرمعنادار در گلوکز، انسولین و مقاومت به انسولین را در اثر تمرینات هوازی نسبت به گروه شاهد یافته است [۱۲].

تمرینات بدنی نقش شناخته‌شده‌ای در تعدیل متابولیسم ایفا می‌کنند. با این‌حال، درک جامع از تأثیرات خاص تمرینات هوازی بر سطوح سرمی OCN و ارتباط متابولیک آن با مقاومت به انسولین در زنان بزرگسال، کماکان با ابهاماتی روبرو است. این ابهام از آنجا ناشی می‌شود که زنان، به دلیل ویژگی‌های فیزیولوژیک و هورمونی منحصر به فرد، پاسخ متابولیکی متفاوت نسبت به مردان بروز می‌دهند؛ اختلافی که با افزایش سن و همزمان با تغییرات هورمونی و افزایش خطر اختلالات متابولیک، برجسته‌تر می‌گردد. بنابراین، این مطالعه ضروری است زیرا در حالی‌که شواهد کلی بر نقش مثبت ورزش در سلامت متابولیک تأکید دارند، یافته‌های مطالعات پیشین در خصوص تأثیر تمرینات هوازی بر OCN و مقاومت به انسولین در زنان بزرگسال، نه تنها محدود (کمبود مطالعات مستقل و جامع) بلکه تا حدودی متناقض نیز هستند. برخی مطالعات افزایش یا کاهش معنادار را در سطوح OCNگزارش می‌کنند، در حالی‌که برخی دیگر ارتباط ضعیفی بین این شاخص و مقاومت به انسولین یافته‌اند. این تناقض و عدم قطعیت در نتایج، ارزیابی دقیق میزان اثربخشی مداخلات هوازی را برای بهبود این پارامترهای کلیدی سلامت متابولیک در زنان بزرگسال دشوار می‌سازد.

مواد و روش‌ها

روش طراحی مطالعه: این پژوهش به‌عنوان یک فراتحلیل با طراحی مرور نظام‌مند، به‌منظور بررسی اثرات تمرینات هوازی بر تغییرات سطح سرمی OCN و مقاومت به انسولین در جمعیت زنان اجرا شد. فرایند طراحی و گزارش این مطالعه مطابق با دستورالعمل‌های کوکراین[4] و استانداردهای گزارش‌دهی پریزما[5] انجام گرفت [۱۳، ۱۴].

راهبردهای جستجو و گردآوری مطالعات مرتبط: برای شناسایی تمامی مطالعات منتشرشده مرتبط با تأثیر تمرینات هوازی بر تغییرات سطح OCN و مقاومت به انسولین در جمعیت زنان، یک جستجوی نظام‌مند و ساختاریافته در چندین پایگاه علمی بین‌المللی انجام گرفت. این جستجو مطابق دستورالعمل پریزما نسخه۲۰۲۰ طراحی شد و شامل جستجوی الکترونیکی، جستجوی دستی و مرور منابع مطالعات مرتبط بود. بر همین اساس، پایگاه‌های داده جستجو شده برای مقالات

[1]. Mitogen-activated protein kinase
[2]. HOMA-IR
[3]. Polycystic ovary syndrome
[4]. Cochrane
[5]. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses, Prisma

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-10-14]

انگلیسی زبان پاب‌مد[1]، اسکوپوس[2] و وب او ساینس[3] و برای مقالات فارسی زبان گوگل اسکالر[4]، مگیران[5]، نور مگیران[6] و جهاد دانشگاهی[7] بودند که تاریخ جستجو: از ابتدا تا ۲۸ دی ۱۴۰۴ (۱۸ ژانویه[8] ۲۰۲۵) انجام گرفت که هنگام نوشتن راهبرد جستجو از عملگرهای بولی AND، OR و گاهی NOT برای ترکیب کلیدواژه‌ها استفاده شد و جستجو مقالات فارسی زبان و انگلیسی زبان با استفاده از کلیدواژه‌ها به صورت زیر انجام گرفت:

("تمرین هوازی" OR "ورزش‌های هوازی" OR "فعالیت بدنی هوازی" OR "تمرینات قلبی-عروقی" OR "تمرینات تناوبی با شدت بالا" OR "تمرینات تداومی با شدت متوسط") AND ("متابولیسم استخوان" OR "نشانگرهای استخوان"" OR استئوکلسین" OR " نشانگرهای تشکیل استخوان"" OR نشانگرهای جذب استخوان") AND ("مقاومت به انسولین") AND ("انسان" OR "بزرگسالان" OR "زنان").

("Aerobic Exercise" OR "Endurance Exercise" OR "Physical Activity" OR "Cardiorespiratory Exercise" OR "High-intensity Interval Training" OR "Moderate-intensity Continuous Training") AND ("Bone Metabolism" OR "Bone Mmarkers" OR "Osteocalcin" OR "Bone Formation Markers" OR "Bone Resorption Markers") AND ("Insulin Resistance") AND ("Human" OR "Adult" OR "Women").

معیارهای ورود و خروج از مطالعات: معیارهای ورود به مطالعه فراتحلیل حاضر شامل: ۱- کارآزمایی‌های بالینی تصادفی[9] (RCT) یا نیمه‌تجربی که به‌صورت مستقیم اثر تمرینات هوازی را با گروه شاهد مقایسه کرده باشند. ۲- مطالعات منتشرشده به زبان فارسی و انگلیسی باشند. ۳- مطالعاتی که بر روی زنان بزرگسالان (۱۸ سال به بالا) بودند. ۴- هر مطالعه باید حداقل یک گروه تمرین هوازی با یک گروه شاهد داشته باشد تا امکان مقایسه مستقیم فراهم باشد. ۵- مطالعه مورد بررسی باید سطح سرمی OCN و مقاومت به انسولین برای اندازه‌گیری داشته باشد. ۶- داده‌ها به‌صورت میانگین و انحراف معیار یا تغییرات پیش و پس از مداخله ارائه شده باشند. ۷- داده‌های کافی برای محاسبه اندازه اثر (Effect Size) موجود باشد.

مطالعات زیر از فراتحلیل حذف شدند تا دقت و اعتبار نتایج حفظ شود: ۱- مرورهای نظام‌مند، متاآنالیزهای قبلی، نامه‌ها به سردبیر، مقالات نظری، خلاصه‌های کنفرانس یا پایان‌نامه‌هایی که بدون داده‌های قابل استخراج بودند. ۲- مطالعاتی که حیوانی بودند. ۳- مطالعاتی که صرفاً اثر نوع تمرین هوازی را بررسی کرده بودند و گروه شاهد را برای مقایسه نداشتند. ۵- مطالعاتی که ترکیبی از تمرین هوازی و مداخله غیرورزشی (دارویی یا تغذیه‌ای) ارائه داده و بدون امکان جداسازی اثر تمرین هوازی بودند. ۶- مطالعاتی که عدم گزارش سطوح سرمی OCN و مقاومت به انسولین داشتند. ۷- مطالعاتی که داده‌های لازم، مانند میانگین و انحراف معیار یا تغییرات پیش و پس از مداخله را گزارش نکرده‌اند. ۸- مطالعاتی که از روش‌های غیر استاندارد برای تعیین سطح سرمی OCN و مقاومت به انسولین استفاده کرده‌اند. ۹- مطالعاتی که داده‌های اصلی آنها در دسترس نبود و امکان ارتباط با نویسنده نیز وجود نداشت. ۱۰- مطالعاتی که استانداردهای آزمایشگاهی کافی برای اندازه‌گیری OCN و مقاومت به انسولین را رعایت نکرده بودند.

فرایند استخراج داده‌ها از مطالعات منتخب: مطالعات واجد شرایط بر اساس معیارهای ورود و خروج انتخاب و داده‌ها به‌صورت منظم و استاندارد جمع‌آوری شدند. این مرحله شامل: ۱- مشخصات عمومی (اطلاعات مربوط به نوع مطالعه، نویسنده‌ی اول، سال انتشار)، ۲- ویژگی‌های جمعیتی شرکت‌کنندگان (تعداد شرکت کنندگان، جنسیت، سن، شاخص توده بدنی)، ۳-متغیرهای قابل اندازه‌گیری در مطالعات و ۴- توصیف پروتکل‌های تمرین (نوع مداخله، طول مداخله، تعداد جلسات در هفته و شدت تمرین) استخراج شد [۱۱، ۱۵]. چنانچه داده‌های کافی برای انجام فراتحلیل در مقاله ارائه نشده بود، با نویسنده مسئول از طریق ایمیل تماس گرفته شد تا اطلاعات مورد نیاز دریافت گردد. در صورت عدم پاسخ یا عدم دسترسی به داده‌ها، مقادیر لازم از نمودارهای مقالات با استفاده از نرم‌افزار GetData استخراج شد و در صورت نیاز، انحراف استاندارد[10] (SD) از خطای استاندارد میانگین[11] (SEM) محاسبه گردید [۱۶، ۱۷]. داده‌ها به‌طور مستقل توسط هر سه محقق جمع‌آوری شد و اختلافات احتمالی از طریق تبادل نظر برطرف شد (جدول ۱).

سنجش کیفیت مطالعات: مطالعات واردشده به فراتحلیل حاضر از نظر کیفیت با استفاده از چک‌لیست پدرو[12] بررسی شدند [۱۸، ۱۹]. در این فراتحلیل، کیفیت مطالعات واردشده ابتدا بر اساس ۱۱ معیار ارزیابی شد. از آنجایی که اعمال معیارهای کوربودن شرکت‌کنندگان و مداخله‌گر در مداخلات ورزشی عملی نبود، این دو معیار حذف شدند و ارزیابی نهایی با استفاده از ۹ معیار انجام گرفت. معیارهای مورد استفاده شامل ۱) ضوابط واجد شرایط بودن شرکت‌کنندگان مشخص بود، ۲) اختصاص شرکت‌کنندگان گروه‌های مختلف به صورت تصادفی انجام شده باشد، ۳) شرکت‌کنندگان نسبت به گروه‌بندی‌هایشان آشنایی نداشته باشند، ۴) گروه‌ها در ابتدا از نظر وزن بدن یکسان باشند، ۵) ارزیابی یکسو کور برای متغیر اصلی وجود داشته باشد (blinding of all assessors)، ۶) تعداد افراد خارج شده از پژوهش کمتر از ۱۵ درصد شرکت‌کنندگان باشد، ۷) تجزیه‌وتحلیل به صورت intention to treat (ITT) انجام شده باشد، ۸) تفاوت آماری بین گروهی برای متغیر اصلی گزارش شده باشد، ۹) میانگین، انحراف معیار و میزان معناداری (P value) گزارش شده باشد. برای هر سؤال چک‌لیست Pedro دو گزینه بله (نمره یک) و خیر (نمره صفر) در نظر گرفته شد و مجموع نمرات می‌توانست بین صفر تا نه باشد؛ نمره بالاتر نشان‌دهنده کیفیت بالاتر مطالعه بود [۱۸، ۱۹] (جدول ۲). ارزیابی کیفیت مطالعات به‌صورت مستقل توسط هر سه محقق انجام شد و اختلاف نظرها از طریق بحث و تبادل نظر حل گردید.

روش‌های آنالیز آماری: این فراتحلیل با هدف بررسی تأثیر تمرینات

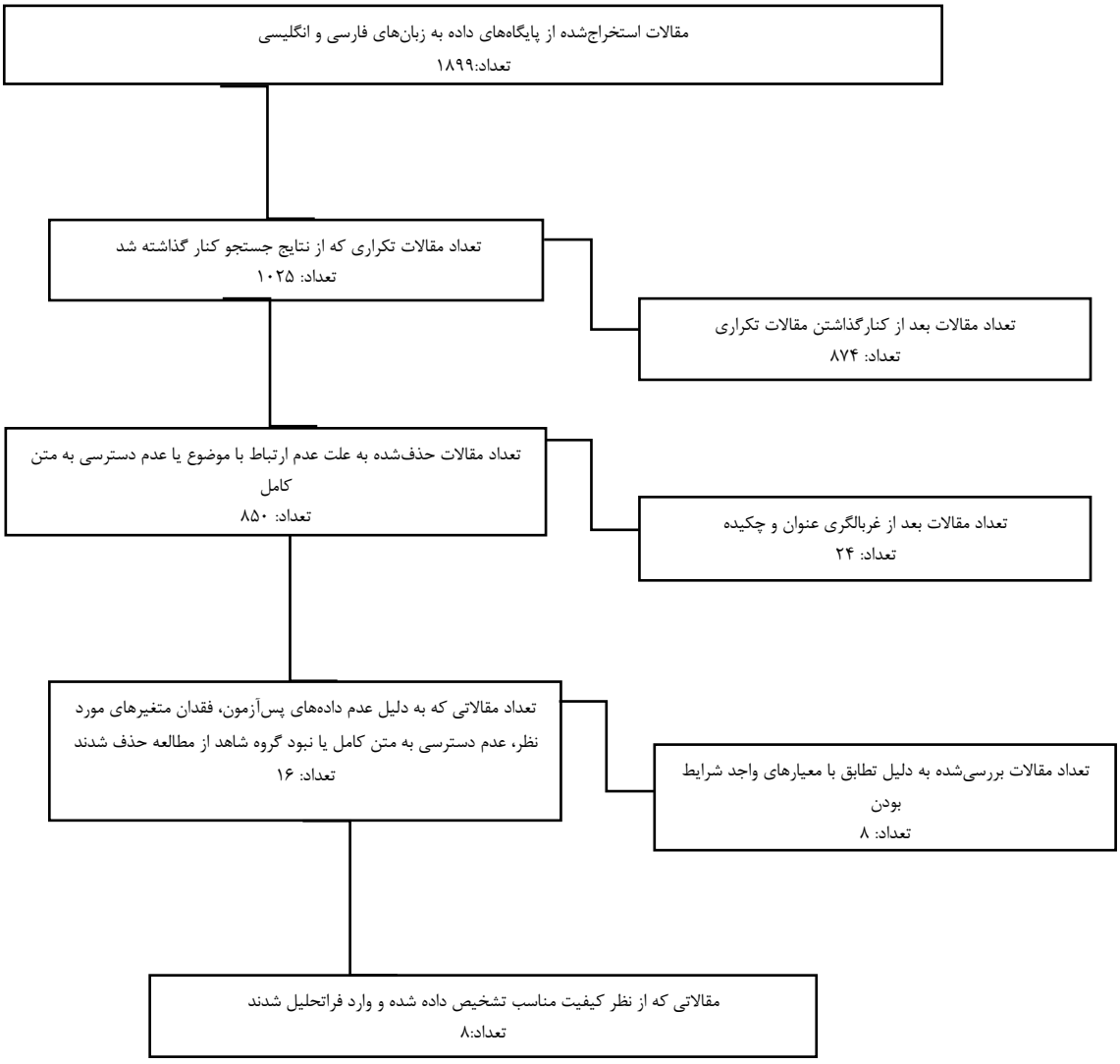
[1] . PubMed
[2] . Scopus
[3] . Web Of Science
[4] . Google Scholar
[5] . Magiran
[6] . Nor magiran
[7] . Sid
[8] . January
[9] . Randomized controlled trial
[10] . Standard deviation
[11] . Standard Error of the Mean
[12] . Pedro

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-10-14]

هوازی بر سطح سرمی OCN و مقاومت به انسولین در زنان بزرگسال انجام شد. برای آنالیز داده‌ها، میانگین، انحراف معیار و اندازه نمونه هر مطالعه استخراج شد و تحلیل‌ها با استفاده از مدل اثر تصادفی انجام گرفت. اندازه اثر استاندارد شده (SMD)[1]، به همراه فاصله اطمینان ۹۵ درصد (CI) برای هر متغیر محاسبه شد [۱۲، ۲۰]. ناهمگونی میان مطالعات با شاخص (I^2) ارزیابی شد و بر اساس دستورالعمل کوکراین، میزان ناهمگونی به چهار دسته طبقه‌بندی شد: کم (<۲۵٪)، خفیف (۲۵–۵۰٪)، متوسط (۵۰–۷۵٪) و زیاد (>۷۵٪). در مطالعات با ناهمگونی کم یا بدون ناهمگونی از مدل اثر ثابت و در مطالعات با ناهمگونی متوسط یا زیاد از مدل اثر تصادفی استفاده شد [۲۱، ۲۲]. به منظور بررسی سوگیری انتشار، از فانل پلات[2] و به همراه آزمون ایگر[3] استفاده شد و در صورتی‌که (P>۰/۰۵) کمتر بود، سوگیری انتشار به‌عنوان معنادار در نظر گرفته شد. تمامی تحلیل‌های آماری با نرم‌افزار (CMA)[4] نسخه ۲، ۲۰۲۵ انجام گرفت [۲۳، ۲۴].

یافته‌ها

جستجوی نظام‌مند در پایگاه‌های PubMed، Scopus و Web of Science در مجموع ۱۸۹۳ مقاله را شناسایی کرد. علاوه بر این، ۶ مقاله دیگر از طریق جستجو در Google Scholar، Noor Mags، Magiran و SID به‌دست آمد و در نتیجه، ۱۸۹۹ مقاله وارد مرحله غربالگری شد. پس از حذف ۱۰۲۵ رکورد تکراری، ۸۷۴ مطالعه برای بررسی اولیه باقی ماند. در ادامه، ارزیابی عنوان و چکیده نشان داد که ۸۵۰ مقاله واجد معیارهای ورود نبوده و حذف شدند؛ بنابراین، ۲۴ مطالعه برای بررسی متن کامل انتخاب گردید. در مرحله ارزیابی متن کامل، ۱۶ مطالعه به دلیل نبود داده‌های پس‌آزمون، عدم گزارش متغیرهای مورد نظر، نداشتن گروه شاهد یا عدم دسترسی به متن کامل از فرایند مطالعه کنار گذاشته شدند. در نهایت، ۸ مطالعه تمامی معیارهای ورود را احراز کرده و در تحلیل کیفی فراتحلیل گنجانده شدند (شکل ۱).



شکل ۱: نمودار روند انتخاب مطالعات مورد بررسی

[1] . Standardized mean differences
[2] . Funnel Plot
[3] . Egger
[4]. Comprehensive Meta-Analysis

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-10-14]

ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها: در مجموع، تعداد ۲۷۵ شرکت‌کننده زن بزرگسال با میانگین سنی ۳/۰۳ ± ۳۹/۶۷ سال و شاخص توده بدنی ۳/۷۳ ± ۲۸/۱۴ کیلوگرم بر متر مربع در مطالعات مورد بررسی قرار گرفتند. در گروه مداخله تمرین هوازی تعداد ۱۴۰ شرکت‌کننده با میانگین سنی ۳/۱۹ ± ۳۹/۰۹ سال و شاخص توده بدنی ۳/۸۴ ± ۲۸/۱۷ کیلوگرم بر متر مربع و در گروه شاهد تعداد ۱۳۴ شرکت‌کننده با میانگین سنی ۲/۸۸ ± ۴۰/۲۶ سال و شاخص توده بدنی ۳/۶۳ ± ۲۸/۱۱ کیلوگرم بر متر مربع بودند. در مطالعات واردشده، گروه شاهد هیچ‌گونه تمرین ورزشی انجام ندادند. تعداد شرکت‌کنندگان در مطالعات حداقل ۱۶ نفر [۹، ۲۵] و حداکثر ۶۰ نفر [۲۶] بودند (جدول ۱).

۱)ویژگی‌های پروتکل‌های تمرینی: ۸ مطالعه (با ۸ مداخله تمرین هوازی) با تعداد ۲۷۵ شرکت‌کننده زن بزرگسال وارد مطالعه فراتحلیل حاضر شدند. حداقل مدت مداخله در گروه تمرین هوازی در هر جلسه حداقل ۱۲ تا ۱۶ دقیقه [۳] و حداکثر ۹۰ دقیقه [۲۷] بود. مدت مداخله در گروه تمرین هوازی حداقل ۴ هفته [۲۸] و حداکثر ۶ ماه [۲۷] بود که تعداد جلسات مداخله در گروه تمرین هوازی در هر هفته حداقل ۳ [۲، ۳، ۹، ۲۵-۲۸] و حداکثر ۳ جلسه [۲، ۳، ۹، ۲۵-۲۸] بود. شدت مداخله در گروه تمرین هوازی با شدت حداقل ۴۰ تا ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه [۲۸] و حداکثر ۹۰ تا ۹۵ درصد ضربان قلب بیشینه [۳] بود (جدول ۱).

جدول ۱. ویژگی شرکت‌کنندگان و پروتکل ورزشی

محققان – سال انتشار	کشور	نمونه (جنسیت)	ویژگی شرکت‌کنندگان	متغیر	سن (سال)	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	نوع تمرین	طول مداخله به هفته (جلسه)	مدت زمان مداخله	شدت مداخله
					انحراف استاندار ± میانگین	انحراف استاندار ± میانگین				
یارس و همکاران، ۲۰۲۵ [۳]	ترکیه	۳۲ زن	یائسه دارای اضافه وزن و چاق	OCN HOMA	مداخله (۱۵ نفر) : ۴۸ تا ۶۰ سال شاهد (۱۷ نفر) : ۴۸ تا ۶۰ سال	مداخله : ۴/۹۰ ± ۳۲/۲۰ شاهد : ۵/۲۰ + ۳۲/۲۰	تناوبی با شدت بالا	۶ (۳)	۱۲ تا ۱۶ دقیقه	تمرین تناوبی با شدت ۹۰ تا ۹۵ درصد ضربان قلب بیشینه
دنیز و آکسوی، ۲۰۲۵ [۲۸]	ترکیه	۴۵ زن	یائسه با کاهش توده استخوان	OCN	مداخله (۲۲ نفر) : ۴۵ تا ۶۵ سال شاهد (۲۳ نفر) : ۴۵ تا ۶۵ سال	مداخله : گزارش نشده است شاهد : گزارش نشده است	هوازی	۴ (۳)	۳۰ دقیقه	تمرین هوازی با شدت ۴۰ تا ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه
القدیر و همکاران، ۲۰۲۵ [۲۶]	عربستان سعودی	۶۰ زن	پوکی استخوان	OCN	مداخله (۳۰ نفر) : ۳/۹۰ + ۴۱/۸۰ شاهد (۳۰ نفر) : ۳/۷۰ + ۴۳/۵۰	مداخله : ۳/۹۰ ± ۲۳/۹۰ شاهد : ۲/۶۰ + ۲۲/۹۰	تناوبی با شدت بالا	۱۶ (۳)	۴۰ دقیقه	تمرین تناوبی با شدت ۸۰ تا ۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه
فخری و همکاران، ۲۰۲۱ [۸]	ایران	۲۴ زن	اضافه وزن	OCN HOMA	مداخله (۱۲ نفر) : ۰/۸۵ + ۲۰/۲۵ شاهد (۱۲ نفر) : ۰/۸۱ + ۲۲/۰۰	مداخله : ۲/۰۵ ± ۲۸/۴۴ شاهد : ۲/۷۲ + ۲۸/۷۳	تناوبی با شدت بالا	۶ (۳)	-	تمرین تناوبی با شدت ۸۵ تا ۹۵ درصد ضربان قلب بیشینه
قربانیان و بارانی، ۲۰۱۷ [۲]	ایران	۴۰ زن	دیابت نوع دو	OCN HOMA	مداخله (۲۰ نفر) : ۵/۷۸ + ۵۲/۵۵ شاهد (۲۰ نفر) : ۳/۶۷ + ۵۳/۴۰	مداخله : ۳/۳۲ ± ۳۱/۳۱ شاهد : ۲/۵۷ + ۳۲/۴۶	هوازی	۱۰ (۳)	۴۵ تا ۶۰ دقیقه	تمرین هوازی با شدت ۴۵ تا ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه
کاملی و همکاران، ۲۰۱۵ [۹]	ایران	۱۶ زن	اضافه وزن	OCN HOMA	مداخله (۸ نفر) : ۳/۱۱ + ۳۸/۳۸ شاهد (۸ نفر) : ۴/۱۰ + ۴۰/۳۸	مداخله : ۴/۰۹ ± ۲۷/۹۸ شاهد : ۴/۸۹ + ۲۸/۴۱	هوازی	۸ (۳)	۴۵ دقیقه	تمرین هوازی (ایروبیک، استپ پاو موزون) با شدت ۶۵ تا ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-10-14]

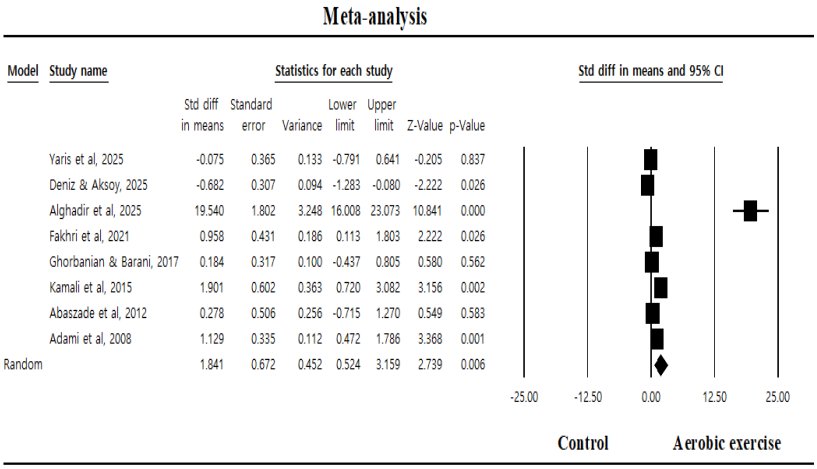
عباس زاده و همکاران، ۲۰۱۲ [۲۵]	ایران	۱۶ زن	اضافه وزن و چاق	OCN	مداخله (۹) : ۴/۰۹ ± ۳۹/۳۳ شاهد (۷) : ۳/۳۶ ± ۳۹/۴۳	مداخله : ۴/۹۷ ± ۲۹/۰۴ شاهد : ۳/۴۹ + ۲۷/۱۱	هوازی	۱۶ (۳)	۳۵ دقیقه	تمرین هوازی با شدت ۶۵ تا ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه
آدامی و همکاران، ۲۰۰۸ [۲۷]	ایتالیا	۴۲ زن	سالم و کم تحرک	OCN	مداخله (۲۴) : ۱/۴۰ ± ۴۲/۳۰ شاهد (۱۸) : ۱/۶۰ ± ۴۲/۸۰	مداخله : ۳/۶۰ ± ۲۴/۳۰ شاهد : ۳/۹۰ + ۲۴/۹۰	هوازی	۶ ماه (۳)	۹۰ دقیقه	-

نتایج فراتحلیل

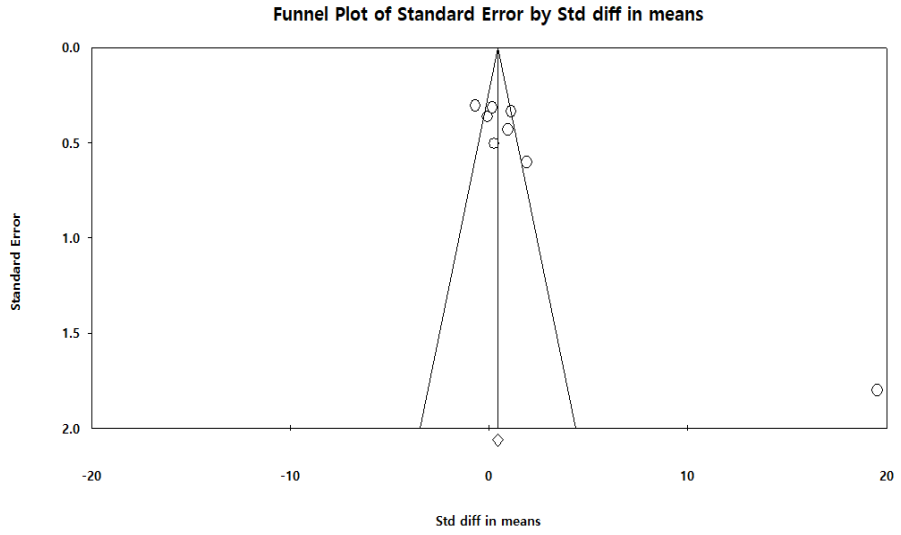
اثر تمرینات هوازی بر سطوح سرمی استئوکلسین (OCN):

تجزیه‌وتحلیل داده‌های ۸ مداخله نشان داد که گروه تمرینات هوازی با افزایش معنادار سطوح سرمی OCN [P=۰/۰۰۶، (۰/۵۲۴ الی ۳/۱۵۹) SMD=۱/۸۴۱] نسبت به گروه شاهد در زنان بزرگسال همراه بود (شکل ۲). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار (P=۰/۰۰۱، I^2=۹۴/۹۹۹) وجود دارد.

نتیجه تست آزمون Egger نشان‌دهنده وجود سوگیری انتشار معنادار برای سطوح سرمی OCN (P=۰/۰۰۴) بود (شکل ۳).



شکل ۲. فارست پلات، اثر تمرینات هوازی بر استئوکلسین در زنان بزرگسال

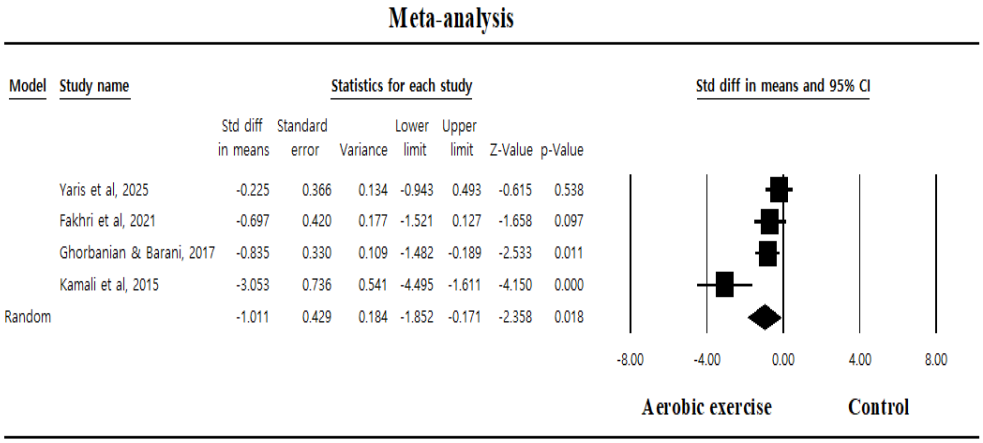


شکل ۳. فانل پلات، اثر تمرینات هوازی بر استئوکلسین در زنان بزرگسال

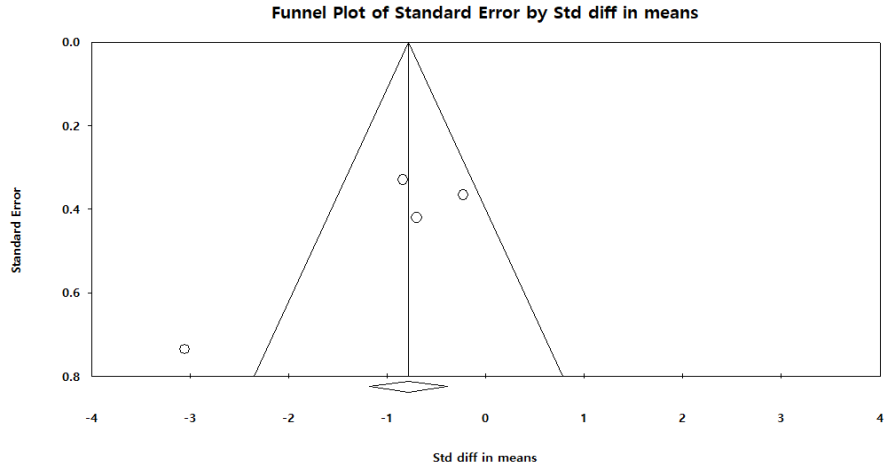
[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-10-14]

اثر تمرینات هوازی بر مقاومت به انسولین: تجزیه‌وتحلیل داده‌های ۴ مداخله نشان داد که گروه تمرینات هوازی با کاهش معنادار مقاومت به انسولین [SMD=-۱/۰۱۱ (-۱/۸۵۲ الی -۰/۱۷۱)، P=۰/۰۱۸] نسبت به گروه شاهد در زنان بزرگسال همراه بود (شکل ۴). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار (I^2=۷۴/۸۰۲، P=۰/۰۰۸) وجود دارد.

نتیجه تست آزمون Egger نشان‌دهنده عدم وجود سوگیری انتشار غیرمعنادار برای مقاومت به انسولین (P=۰/۱۵۰) بود (شکل ۵).



شکل ۴. فارست پلات، اثر تمرینات هوازی بر مقاومت به انسولین در زنان بزرگسال



شکل ۵. فانل پلات، اثر تمرینات هوازی بر مقاومت به انسولین در زنان بزرگسال

کیفیت مطالعات

نتایج ارزیابی کیفیت روش‌شناختی مطالعات واردشده با استفاده از مقیاس PEDro نشان داد که امتیاز کیفیت مقالات در بازه ۶ تا ۷ قرار داشت که بیانگر کیفیت روش‌شناختی قابل‌قبول تا خوب مطالعات بررسی‌شده است (جدول ۲).

جدول ۲. ارزیابی کیفیت مطالعات بر اساس ابزار PEDro

مطالعه – سال	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	امتیاز
یارس و همکاران، ۲۰۲۵ [۳]	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۶
دنیز و آکسوی، ۲۰۲۵ [۲۸]	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۶
القدیر و همکاران، ۲۰۲۵ [۲۶]	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۷
فخری و همکاران، ۲۰۲۱ [۸]	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۷
قربانیان و بارانی، ۲۰۱۷ [۲]	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۷
کاملی و همکاران، ۲۰۱۵ [۹]	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۶
عباس زاده و همکاران، ۲۰۱۲ [۲۵]	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۶
آدامی و همکاران، ۲۰۰۸ [۲۷]	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۶

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-10-14]

بحث

هدف پژوهش فراتحلیل حاضر، اثر تمرینات هوازی بر سطح سرمی OCN و مقاومت به انسولین در زنان بزرگسال بود. نتایج نشان داد تمرینات هوازی منجر به افزایش معنادار سطوح سرمی OCN [SMD=۱/۸۴۱ (۳/۱۵۹ الی ۰/۵۲۴)، P=۰/۰۰۶] و کاهش معنادار مقاومت به انسولین [SMD= -۱/۰۱۱ (-۰/۱۷۱ الی -۱/۸۵۲)، P=۰/۰۱۸] در مقایسه با گروه شاهد شده است.

در مطالعه‌ای بر روی زنان یائسه دارای اضافه وزن و چاق، یارس و همکاران (۲۰۲۵) پس از ۶ هفته تمرین تناوبی، کاهش غیرمعنادار را هم در سطح OCN و هم در مقاومت به انسولین مشاهده کردند [۳]. از دلایل عدم تغییرات معنادار کافی این مطالعه می‌توان به مدت زمان کوتاه مطالعه (۶ هفته) و یا ماهیت تمرین تناوبی در این جمعیت خاص اشاره کرد. از سوی دیگر، القدیر و همکاران (۲۰۲۵) دریافتند که ۱۶ هفته تمرین تناوبی با شدت بالا، منجر به افزایش معنادار OCN در مقایسه با گروه شاهد در زنان مبتلا به پوکی استخوان شد [۲۶]. مدت زمان طولانی‌تر مطالعه (۱۶ هفته) و شدت بالای تمرین در این جمعیت، ممکن است عوامل کلیدی در ایجاد این پاسخ معنادار بوده باشند. قربانیان و بارانی (۲۰۱۷) پس از ۱۰ هفته تمرین هوازی در زنان دیابتی نوع دو، افزایش معنادار OCN و کاهش معنادار مقاومت به انسولین را مشاهده کردند [۲]. به‌طور مشابه، کاملی و همکاران (۲۰۱۵) پس از ۸ هفته تمرین هوازی، افزایش معنادار OCN و کاهش غیرمعنادار در مقاومت به انسولین را گزارش دادند [۹]. تفاوت در میزان کاهش معنادار مقاومت به انسولین در این دو مطالعه (۱۰ هفته در مقابل ۸ هفته) می‌تواند به تفاوت‌های جزئی در پروتکل تمرینی یا ویژگی‌های جمعیت دیابتی مربوط باشد. همچنین، عباس‌زاده و همکاران (۲۰۱۲) با ۱۶ هفته تمرین هوازی در زنان دارای اضافه وزن و چاق، افزایش معنادار در OCN نسبت به گروه شاهد به‌دست آوردند [۲۵]. آدمی و همکاران (۲۰۰۸) نیز در ۶ ماه تمرین هوازی، افزایش معنادار در OCN در زنان سالم و کم‌تحرک مشاهده کردند [۲۷]. مدت زمان طولانی‌تر این دو مطالعه (۱۶ هفته و ۶ ماه) نسبت به برخی مطالعات دیگر، احتمالاً نقش مهمی در دستیابی به نتایج معنادار داشته است. فخری و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه خود بر روی دختران دارای اضافه وزن، پس از ۶ هفته تمرین هوازی، افزایش معنادار OCN و کاهش معنادار مقاومت به انسولین را گزارش کردند [۸]. این مطالعه نشان می‌دهد که حتی در دوره زمانی کوتاه‌تر (۶ هفته)، تمرین هوازی در جمعیت جوان و دارای اضافه وزن می‌تواند مؤثر باشد. با این‌حال، نتایج دنیز و آکسوی (۲۰۲۵) نشان داد که ۴ هفته تمرین هوازی در زنان یائسه با کاهش توده استخوان، منجر به افزایش غیرمعنادار در OCN نسبت به گروه شاهد شد [۲۸]. مدت زمان بسیار کوتاه تمرین (۴ هفته) و احتمالاً وضعیت خاص این گروه از زنان یائسه (کاهش توده استخوان)، ممکن است دلایل اصلی عدم مشاهده تغییر معنادار بوده باشد. به‌طور کلی، شواهد نشان می‌دهد که تمرینات هوازی، به ویژه در دوره‌های طولانی‌تر و در جمعیت‌های خاص، می‌تواند به‌طور معنادار سطح OCN را افزایش داده و مقاومت به انسولین را بهبود بخشد. تفاوت در نوع تمرین (تناوبی در مقابل هوازی)، شدت، مدت زمان و ویژگی‌های جمعیت مورد مطالعه (سن، وضعیت سلامتی و شاخص توده بدنی) عوامل مهمی هستند که بر نتایج تأثیر گذاشته و منجر به مشاهده یا عدم مشاهده تغییرات معنادار می‌شوند. تحقیقات بیشتری با پروتکل‌های استاندارد و جمعیت‌های متنوع مورد نیاز است تا سازوکارهای دقیق این تأثیرات و عوامل تعیین‌کننده معناداری نتایج به‌طور کامل روشن شوند.

مکانیسم‌های اثرگذار تمرینات هوازی بر روی OCN شامل: ۱-بار مکانیکی و مکانوترانسداکشن در استخوان: تمرینات هوازی تحمل وزن، با اعمال بار بر استخوان‌ها، فرایند استخوان‌سازی را تحریک می‌کنند. این تحریکات از طریق فعال‌سازی مسیر Wnt/β-catenin، تمایز و تکثیر استئوبلاست‌ها را افزایش داده و منجر به تولید بیشتر OCN می‌شوند. همچنین، با تعدیل نسبت OPG به RANKL، تحلیل استخوان کاهش یافته و استخوان‌سازی تقویت می‌گردد [۲۹]. ۲- مسیرهای پیام‌رسانی مولکولی القاشده توسط بارهای مکانیکی: تمرینات هوازی با فعال‌سازی مسیر Wnt/β-catenin و افزایش بیان ژن‌های استخوان‌سازی مانند Runx2، منجر به تقویت تشکیل استخوان و بهبود تعادل بین استخوان‌سازی و استخوان‌برداری می‌شوند [۳۰]. ۳- افزایش آزادسازی عامل رشد شبه انسولین (IGF-1[1]): تمرینات هوازی موجب افزایش آزادسازی IGF-1 می‌شوند، که به‌طور مستقیم تکثیر و فعالیت استئوبلاست‌ها را تقویت می‌کند. این فرایند در نهایت باعث افزایش استخوان‌سازی و ترشح OCN می‌شود. مسیر IGF-1 در مطالعات متابولیک استخوان به‌عنوان یکی از مهمترین سیگنال‌های رشد و بازسازی استخوان شناخته شده است [۳۱]. ۴- نقش میوکاین‌ها[2]: میوکاین‌ها، پروتئین‌هایی که هنگام انقباض عضلات ترشح می‌شوند، تأثیر چشمگیری بر سلامت استخوان دارند. به طور مثال، اینترلوکین-۶ (IL-6[3])، که با تمرینات هوازی افزایش می‌یابد، استئوبلاست‌ها (سلول‌های سازنده استخوان) را تحریک کرده و شرایط هورمونی مناسبی را برای استخوان‌سازی فراهم می‌آورد [۳۲]. همچنین، میوکاین‌های دیگری مانند ایریسین[4] با ایجاد ارتباط بین عضله و استخوان، متابولیسم و فعالیت استخوان را تقویت می‌کنند که تعامل بین عضله و استخوان فراتر از اثرات مکانیکی است و پیام‌های هورمونی نیز نقش کلیدی دارند [۳۳]. ۵- تغییر در شکل فعال OCN: تمرینات هوازی سطح فعال OCN را افزایش می‌دهد که به بهبود متابولیسم انرژی و حساسیت انسولین کمک کرده و با کاهش چربی و بهبود متابولیسم گلوکز همراه است [۳۴]. ۶- مسیرهای ایمنی و التهابی: تمرینات منظم هوازی پاسخ التهابی سیستمیک را کاهش داده و تعادل بین سیتوکین‌های التهابی و ضدالتهابی را به نفع استخوان‌سازی تغییر می‌دهند. این اثر غیرمستقیم باعث بهبود فعالیت استئوبلاست‌ها و در نتیجه افزایش ترشح OCN می‌شود. بنابراین، ورزش می‌تواند از طریق مسیرهای ایمنی نیز بر سلامت استخوان تأثیر بگذارد [۳۵]. ۷- بهبود جریان خون و تغذیه استخوان: تمرینات هوازی با بهبود جریان خون استخوانی، دسترسی سلول‌ها به مواد مغذی و اکسیژن را افزایش داده و در نتیجه، تولید OCN را تقویت می‌کنند. این امر عمدتاً از طریق بهبود محیط برای استخوان‌سازی عمل می‌کند [۳۶].

[1]. Insulin-like Growth Factor 1
[2]. Myokines
[3]. Interleukin-6
[4]. Irisin

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-10-14]

مکانیسم‌های اثرگذار تمرینات هوازی بر روی مقاومت به انسولین شامل: ۱- تقویت سیگنالینگ انسولین و مسیرهای انتقال گلوکز: تمرینات هوازی با افزایش تعداد و فعالیت ناقل‌های گلوکز (GLUT4[1]) در سلول‌های عضلانی، جذب گلوکز را تسهیل کرده و حساسیت به انسولین را بهبود می‌بخشند. این اثرات حتی از طریق مسیر AMPK و به صورت غیر وابسته به انسولین نیز رخ می‌دهند فسفواینوزیتاید ۳- کیناز/پروتئین کیناز B[2] (PI3K/Akt) به انسولین را افزایش می‌دهد، که باعث بهبود فسفریلاسیون در بستر گیرنده‌های انسولین[3] (IRS) و (Akt) باعث افزایش جذب گلوکز می‌شود [۳۷]. ۲- تعدیل پاسخ‌های التهابی و ایمنی: تمرینات هوازی با کاهش فعال‌سازی مسیرهای التهابی مانند NF-κB و TNF-α، که در مقاومت به انسولین نقش دارند، سیگنال‌دهی انسولین را بهبود می‌بخشند. این امر منجر به افزایش انتقال GLUT4 به داخل سلول‌های عضلانی و جذب بهتر گلوکز می‌شود [۳۸]. ۳- فعال‌سازی AMPK و افزایش بهره‌وری انرژی سلولی: تمرین هوازی با فعال‌سازی حسگر انرژی AMPK موجب افزایش جذب گلوکز در عضلات می‌شود. همچنین، اکسیداسیون اسیدهای چرب را تقویت کرده و مسیرهای آنابولیکِ غیرضروری را مهار می‌کند، در نتیجه حساسیت به انسولین بهبود می‌یابد [۳۹]. ۴- کاهش تولید رادیکال‌های آزاد و بهبود دفاع آنتی‌اکسیدانی سلول‌ها: تمرینات هوازی با افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سوپراکسید دیسموتاز (SOD[4]) و گلوتاتیون پراکسیداز (GPx[5]) و کاهش التهاب NF-κB، استرس اکسیداتیو را کم کرده و از سلول‌ها محافظت می‌کند. این امر به بهبود سیگنال‌دهی انسولین، افزایش حساسیت به انسولین و حفظ سلامت استخوان کمک می‌کند [۴۰]. ۵- تنظیم بیان RNA و تعدیل مسیرهای اپی‌ژنتیک: تمرینات هوازی با تنظیم ریزپیام‌رسان‌ها، به سلامت متابولیک کمک می‌کند. این ریزپیام‌رسان‌ها التهاب را کاهش داده و حساسیت به انسولین را افزایش می‌دهند که به تنظیم قند خون و مدیریت اختلالاتی مانند مقاومت به انسولین و دیابت نوع دو کمک می‌کند [۴۱]. ۶- تنظیم تعادل میکروبی و مسیرهای متابولیک: تمرینات هوازی با بهبود میکروب‌های روده، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر تولید می‌کند که حساسیت به انسولین را افزایش داده و التهاب را کاهش می‌دهند [۴۲]. ۷- بهبود ذخیره گلیکوژن و تحریک آنابولیسم گلوکز: تمرینات هوازی با افزایش بیان ژن‌های سنتز گلیکوژن در عضلات و تعدیل مسیرهای تنظیم حساسیت انسولین، پاسخ عضلات به انسولین را بهبود بخشیده و ذخیره‌سازی گلوکز را افزایش می‌دهد که منجر به کنترل بهتر قند خون و ارتقای سلامت متابولیک می‌شود [۴۳].

نقاط قوت و محدودیت‌ها: از جمله نقاط قوت پژوهش حاضر، جامعیت در فرایند جستجو و غربالگری مقالات بود که با استفاده از پایگاه‌های اطلاعات معتبر علمی (PubMed، Scopus، Web of Science، Google Scholar، Noor Mags، Magiran و SID) شناسایی شدند. حجم نمونه قابل توجه در فراتحلیل که در نهایت از ۸ مطالعه، مجموع ۲۷۵ شرکت‌کننده زن بزرگسال در تحلیل کیفی گنجانده شدند که حجم نمونه نسبتاً مناسبی برای یک فراتحلیل محسوب می‌شود و می‌تواند به نتایج معتبرتری منجر شود. ارائه جزئیات دقیق پروتکل‌های تمرینی که مقاله به خوبی ویژگی‌های پروتکل‌های تمرینی مورد استفاده در مطالعات مختلف را شرح داده است، از جمله مدت زمان هر جلسه، مدت کل مداخله، تعداد جلسات در هفته و شدت تمرینات (بر اساس درصد ضربان قلب بیشینه) که این جزئیات برای درک بهتر نتایج و قابلیت تعمیم آنها بسیار حائز اهمیت است. ارزیابی کیفیت روش‌شناختی مطالعات با استفاده از مقیاس PEDro برای ارزیابی کیفیت مطالعات واردشده و ارائه امتیازات کیفی (۶ تا ۷) که نشان‌دهنده کیفیت قابل قبول تا خوب است، به اعتبار نتایج فراتحلیل می‌افزاید. این امر نشان می‌دهد که مطالعات انتخاب‌شده از نظر روش‌شناسی از سطح کیفی مناسبی برخوردار بوده‌اند. افزایش معنادار سطح OCN در اثر تمرینات هوازی می‌تواند پیامدهای مهمی در درک تأثیر ورزش بر سلامت استخوان داشته باشد؛ هم‌زمان، کاهش معنادار مقاومت به انسولین ناشی از این تمرینات، یافته‌ای بسیار ارزشمند برای ارتقای سلامت متابولیک، به‌ویژه در زنان بزرگسال، محسوب می‌شود.

همچنین، بررسی ناهمگونی و سوگیری انتشار در مقاله به‌درستی انجام شده است. ناهمگونی بین مطالعات با استفاده از شاخص I^2 و سوگیری انتشار با استفاده از آزمون Egger ارزیابی شده است. اگرچه، در هر دو تحلیل مربوط به OCN و مقاومت به انسولین، ناهمگونی قابل‌توجهی مشاهده شد، بررسی و گزارش این موارد نشان‌دهنده توجه مناسب به منابع احتمالی تغییرپذیری بین مطالعات و دقت در تحلیل و تفسیر آماری نتایج است.با وجود نقاط قوت قابل توجه، پژوهش حاضر با برخی محدودیت‌هایی نیز همراه است. ناهمگونی معنادار بین مطالعات همان‌طور که در نتایج ذکر شده، ناهمگونی معناداری I^2 بالا در هر دو تحلیل سطوح سرمی OCN و مقاومت به انسولین مشاهده شده است. این موضوع نشان می‌دهد که تفاوت‌های قابل توجهی بین مطالعات واردشده در زمینه پروتکل‌های تمرینی، ویژگی‌های جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان یا روش‌های اندازه‌گیری وجود داشته که ممکن است بر نتایج کلی تأثیر گذاشته باشد. تفسیر نتایج با وجود ناهمگونی بالا باید با احتیاط بیشتری صورت گیرد. نتیجه آزمون Egger برای سطوح سرمی OCN نشان‌دهنده وجود سوگیری انتشار معنادار (P=0.004) است، این بدان معناست که احتمالاً مطالعاتی که نتایج مثبت‌تری داشته‌اند، بیشتر از مطالعات با نتایج غیرمعنادار یا منفی منتشر شده‌اند. این موضوع اعتبار یافته‌های مربوط به OCN را تا حدی تحت تأثیر قرار می‌دهد. محدودیت در جمعیت مورد مطالعه که تمامی شرکت‌کنندگان در این فراتحلیل، زنان بزرگسال بوده‌اند. بنابراین، تعمیم نتایج به مردان یا گروه‌های سنی دیگر مانند نوجوانان یا سالمندان بدون انجام تحقیقات بیشتر، ممکن است دقیق نباشد. تفاوت در شدت و مدت پروتکل‌های تمرینی، اگرچه مقاله به توصیف پروتکل‌های تمرینی پرداخته است، اما وجود بازه‌های گسترده در مدت زمان هر جلسه (۱۲ تا ۹۰ دقیقه)، مدت کل مداخله (۴ هفته تا ۶ ماه) و شدت تمرین (۴۰ درصد تا ۹۵ درصد ضربان قلب بیشینه)، ممکن است به ناهمگونی نتایج دامن زده باشد و تعیین دقیق‌ترین دوز تمرینی مؤثر را دشوار سازد.

نتیجه‌گیری

[1] . Glucose transporter 4
[2] . Phosphoinositide 3-kinase/ Protein Kinase B
[3] . Insulin Receptor Substrate
[4] . Superoxide dismutase
[5] . Glutathione Peroxidase

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-10-14]

نتایج فراتحلیل حاضر نشان می‌دهد که تمرینات هوازی یک راهبرد مؤثر برای بهبود برخی جنبه‌های سلامتی در زنان بزرگسال است. افزایش سطوح OCN، که یک نشانگر زیستی مرتبط با سلامت استخوان و متابولیسم انرژی است و همچنین کاهش مقاومت به انسولین، که یک عامل کلیدی در پیشگیری و مدیریت دیابت نوع دو محسوب می‌شود، از جمله فواید برجسته تمرینات هوازی هستند. تحقیقات آتی با طراحی مطالعاتی با کیفیت بالاتر، حجم نمونه بیشتر و پروتکل‌های استانداردتر، می‌تواند به روشن‌شدن دقیق‌تر سازوکارهای بیولوژیکی دخیل و ارزیابی جامع‌تر اثربخشی تمرینات هوازی کمک نماید. در نهایت، این نتایج بر اهمیت گنجاندن تمرینات هوازی منظم در سبک زندگی زنان بزرگسال برای ارتقای سلامت استخوان و بهبود حساسیت به انسولین تأکید دارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از کمک پژوهشگرانی که داده‌های مطالعات خود را به منظور این فراتحلیل در اختیار ما گذاشتند، صمیمانه سپاسگزاری می‌کنند.

مشارکت نویسندگان

نویسندگان به‌طور کامل در طراحی، اجرای مطالعه و نگارش مقاله حاضر مشارکت داشته و تمامی مراحل پژوهش را مشترکاً انجام داده‌اند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که این مطالعه بدون هیچ‌گونه تضاد منافع انجام شده است.

حمایت مالی

نویسندگان تأیید می‌کنند که این مطالعه بدون دریافت هیچ‌گونه حمایت مالی از نهادهای دولتی، تجاری یا غیرانتفاعی انجام شده است.

References

1. Bilotta FL, Arcidiacono B, Messineo S, Greco M, Chiefari E, Britti D, et al. Insulin and osteocalcin: further evidence for a mutual cross-talk. Endocrine. 2018;59(3):622-632. DOI: 10.1007/s12020-017-1396-0 [PMID: 28866834]
2. Ghorbanian B, Barani A. The relationship between serum osteocalcin and PTH concentrations with glycemic, lipid, and adiposity parameters subsequent to 10 weeks of aerobic training in women with type 2 diabetes. J Health Promot Manag. 2017;7:22-27. [Link]
3. Yarış S, Küçük Yetgin M, Agopyan A, Kasımay Ö, Gedikbaşı A, Demirci H, Kurşun H. Impact of high-intensity interval training on bone metabolism and the metabolic and hormonal profiles of postmenopausal women. Istanbul Med J. 2025;26(1):5-10. [Link]
4. Mohammad Rahimi GR, Niyazi A, Alaee S. The effect of exercise training on osteocalcin, adipocytokines, and insulin resistance: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Osteoporos Int. 2021;32(2):213-224. [DOI: 10.1007/s00198-020-05592-w] [PMID: 32803318]
5. Tiwari R, Singh S, Bajpai M, Verma N, Verma S. Impact of osteocalcin on glycemic regulation and insulin sensitivity in type 2 diabetes mellitus patients. Cureus. 2024;16(10):e71675. [DOI: 10.7759/cureus.71675] [PMID: 39553160]
6. Sofra X, Badami S. Adverse effects of sedentary lifestyles: inflammation and high-glucose induced oxidative stress—a double blind randomized clinical trial on diabetic and prediabetic patients. Health. 2020;12:1029-1048. [Link]
7. Silva FM, Duarte-Mendes P, Teixeira AM, Soares CM, Ferreira JP. The effects of combined exercise training on glucose metabolism and inflammatory markers in sedentary adults: a systematic review and meta-analysis. Sci Rep. 2024;14(1):1936. [DOI: 10.1038/s41598-024-51832-y] [PMID: 38253590]
8. Fakhri F, Fakhri S, Shakeryan S, Alizadeh A. Effect of six weeks of high intensity interval training on under-carboxylated osteocalcin serum levels, insulin resistance, and lipid profile in overweight girls: randomized clinical trial. Iran J Obstet Gynecol Infertil. 2021;23(12):57-66. [Link]
9. Kamali K, Abbasi Daloii A, Abdi A, Ziaolhagh SJ, Barari A. Effect of 8-weeks aerobic training on undercarboxylated osteocalcin, hs-CRP and insulin resistance in overweight women. J Sabzevar Univ Med Sci. 2015;22(5):823-831. [Link]
10. Zhang W, Li X, He Q, Wang X. Effects of exercise on bone metabolism in postmenopausal women: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Front Endocrinol (Lausanne). 2025;16:1597046. [Link]
11. Zafarmand O, Mogharnasi M, Saremi A. The effect of aerobic exercise on plasma levels of fibroblast growth factor 21 and insulin resistance in individuals with cardiometabolic disorders: a meta-analysis. J Exerc Physiol Spec Popul. 2025;2(3):1-20. [Link]
12. Molaei K, Zafarmand O, Moghadasi M, Salesi M. Effect of aerobic training on metabolic factors in women with polycystic ovary syndrome: a systematic review and meta-analysis. J North Khorasan Univ Med Sci. 2025;17(1):1-13. [Link]
13. Kazeminasab F, Kerchi AB, Sharafifard F, Zarreh M, Forbes SC, Camera DM, et al. The effects of creatine supplementation on upper- and lower-body strength and power: a systematic review and meta-analysis. Nutrients. 2025;17(17):2748. [DOI: 10.3390/nu17172748] [PMID: 40944139]
14. Khalafi M, Sakhaei MH, Kazeminasab F, Rosenkranz SK, Symonds ME. Exercise training, dietary intervention, or combined interventions and their effects on lipid profiles in adults with overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. Nutr Metab Cardiovasc Dis. 2023;33(9):1662-1683. [DOI: 10.1016/j.numecd.2023.05.024] [PMID: 37414662]
15. Molaei K, Zafarmand O, Mogharnasi M. The effect of aerobic exercise on liver enzymes and insulin resistance in people with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. Metab Exerc. 2025;15(1). [Link]
16. Zafarmand O, Mogharnasi M. The effect of exercise training on myonectin and insulin resistance in overweight and obese people: a systematic review and meta-analysis. Sport Physiol Manag Investig. 2025;16(4):191-208. [Link]
17. Zafarmand O, Moghadasi M, Mogharnasi M. The effect of aerobic training on plasma levels of leptin and adiponectin in overweight and obese children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. Iran J Endocrinol Metab. 2023;25(4):351-363. [Link]
18. Zafarmand O, Saremi A, Mogharnasi M. Evaluation of changes in serum levels of cell and vascular adhesion molecules upon resistance training in adults: a systematic review and meta-analysis. Med J Mashhad Univ Med Sci. 2025. [DOI: 10.22038/mjms.2025.89716.5072]
19. Zafarmand O, Molaei K, Salesi M. The effect of aerobic exercise on interleukin 6 and interleukin 10 in patients with multiple sclerosis: a systematic review and meta-analysis. J North Khorasan Univ Med Sci. 2026;17(4):10-20. [DOI: 10.22034/nkums.17.4.10]
20. Zafarmand O, Molaei K, Mogharnasi M. Effect of aerobic exercise on glycosylated hemoglobin and resistin in overweight and obese people with type 2 diabetes: a

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-10-14]

systematic review and meta-analysis. J North Khorasan Univ Med Sci. 2025;16(4):8-29. [Link]
21. Molaei K, Zafarmand O, Saremi A. The effect of acute and chronic aerobic exercise on fetuin A and lipid profile in obese individuals with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. J Sabzevar Univ Med Sci. 2025;32(5):573-589. [DOI: 10.30468/jsums.2025.8084.3245]
22. Saremi A, Zafarmand O. The effect of aerobic exercise on blood flow-dependent vasodilation in adults with metabolic disorders: a systematic review and meta-analysis. Iran J Syst Rev Med Sci. 2024;2(3):88-100. [Link]
23. Zafarmand O, Kazeminasab F, Mogharnasi M. The effect of aerobic exercise on lipid profile and plasma levels of tumor necrosis factor-alpha in overweight and obese children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. J Ilam Univ Med Sci. 2025;33(5):94-118. [Link]
24. Saremi A, Zafarmand O. The effect of high-intensity interval training on plasma irisin levels and glycemic indices in obese and type 2 diabetic people: a systematic review and meta-analysis. Iran J Diabetes Lipid Disord. 2025;25(2):85-100. [Link]
25. Abaszadeh Surati H, Abrahim KH, Nikbakht HA. The effects of sixteen weeks of selected aerobic training on serum osteopontin and osteocalcin in sedentary middle-aged women. J Physiol Exerc Phys Act. 2012;5(2):778-784. [DOI: 10.48308/joeppa.2012.98702]
26. Alghadir AH, Gabr SA, Iqbal A. Concurrent effects of high-intensity interval training and vitamin D supplementation on bone metabolism among women diagnosed with osteoporosis: a randomized controlled trial. BMC Musculoskelet Disord. 2025;26(1):381. [DOI: 10.1186/s12891-025-08275-x] [PMID: 40259289]
27. Adami S, Gatti D, Viapiana O, Fiore CE, Nuti R, Luisetto G, et al. Physical activity and bone turnover markers: a cross-sectional and a longitudinal study. Calcif Tissue Int. 2008;83(6):388-392. [DOI: 10.1007/s00223-008-9184-8] [PMID: 18949504]
28. Deniz KN, Aksoy MK. The effect of aerobic exercise on bone formation and resorption markers and the quality-of-life tests in postmenopausal osteopenic patients. BMC Musculoskelet Disord. 2025;26(1):385. [DOI: 10.1186/s12891-025-08578-z] [PMID: 40259282]
29. Marinho SM, Mafra D, Pelletier S, Hage V, Teuma C, Laville M, et al. In hemodialysis patients, intradialytic resistance exercise improves osteoblast function: a pilot study. J Ren Nutr. 2016;26(5):341-345. [DOI: 10.1053/j.jrn.2016.03.002] [PMID: 27113628]
30. Chang X, Xu S, Zhang H. Regulation of bone health through physical exercise: mechanisms and types. Front Endocrinol (Lausanne). 2022;13:1029475. [DOI: 10.3389/fendo.2022.1029475] [PMID: 36568096]
31. Xie Y, Xu S, Dai R, Xu G, Bao H, Dong X, et al. Comprehensive review of therapeutic efficacy and underlying mechanisms of various exercise modalities in treating osteoporosis. Aging Dis. 2025. [DOI: 10.14336/ad.2025.0866] [PMID: 41452716]
32. Choi IA, Umemoto A, Mizuno M, Park-Min KH. Bone metabolism—an underappreciated player. NPJ Metab Health Dis. 2024;2(1):12. [DOI: 10.1038/s44324-024-00010-9] [PMID: 40604262]
33. Jaśkiewicz Ł, Romaszko-Wojtowicz A, Chmielewski G, Kuna J, Krajewska-Włodarczyk M. Effect of myokines on bone tissue metabolism: a systematic review. Bone. 2025;201:117654. [DOI: 10.1016/j.bone.2025.117654] [PMID: 40992680]
34. Kornel A, Den Hartogh DJ, Klentrou P, Tsiani E. Role of the myokine irisin on bone homeostasis: review of the current evidence. Int J Mol Sci. 2021;22(17):9136. [DOI: 10.3390/ijms22179136] [PMID: 34502045]
35. Fakhrealali M, Hejazi K, Marafeti H. The effect of eight weeks of moderate-intensity interval training on uncarboxylated osteocalcin levels and insulin resistance markers in obese women. Jentashapir J Cell Mol Biol. 2024;15(4):e157664. [Link]
36. Zhao Z, Du Y, Yan K, Zhang L, Guo Q. Exerciseand osteoimmunology in bone remodeling. FASEB J. 2024;38(7):e23554. [DOI: 10.1096/fj.202301508rrr] [PMID: 38588175]
37. Lombardi G, Ziemann E, Banfi G. Physical activity and bone health: what is the role of immune system? A narrative review of the third way. Front Endocrinol (Lausanne). 2019;10:60. [DOI: 10.3389/fendo.2019.00060] [PMID: 30792697]
38. Li N, Shi H, Guo Q, Gan Y, Zhang Y, Jia J, et al. Aerobic exercise prevents chronic inflammation and insulin resistance in skeletal muscle of high-fat diet mice. Nutrients. 2022;14(18):3730. [DOI: 10.3390/nu14183730] [PMID: 36145106]
39. Yaribeygi H, Atkin SL, Simental-Mendía LE, Sahebkar A. Molecular mechanisms by which aerobic exercise induces insulin sensitivity. J Cell Physiol. 2019;234(8):12385-12392. [DOI: 10.1002/jcp.28066] [PMID: 30605232]
40. Yu Q, Xia Z, Liong EC, Tipoe GL. Chronic aerobic exercise improves insulin sensitivity and modulates Nrf2 and NF-κB/IκBα pathways in the skeletal muscle of rats fed with a high fat diet. Mol Med Rep. 2019;20(6):4963-4972. [DOI: 10.3892/mmr.2019.10787] [PMID: 31702809]
41. Li N, Zhang L, Guo Q, Shi H, Gan Y, Wang W, et al. Aerobic exercise improves inflammation and insulin resistance in skeletal muscle by regulating miR-221-3p via JAK/STAT signaling pathway. Front Physiol. 2025;16:1534911. [DOI: 10.3389/fphys.2025.1534911] [PMID: 40070461]
42. Yang L, Lin H, Lin W, Xu X. Exercise ameliorates insulin resistance of type 2 diabetes through motivating short-chain fatty acid-mediated skeletal muscle cell autophagy. Biology (Basel). 2020;9(8):203. [DOI: 10.3390/biology9080203] [PMID: 32756447]
43. Zhang L, Liu X, Hu J, Quan H, Lee SK, Korivi M, et al. Aerobic exercise attenuates high-fat diet-induced glycometabolism impairments in skeletal muscle of rat: role of EGR-1/PTP1B signaling pathway. Nutr Metab (Lond). 2024;21(1):113. [DOI: 10.1186/s12986-024-00888-8] [PMID: 39741281]

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-10-14]