



The effect of ten weeks of Tabata resistance training on the expression of sclerostin, Dickkopf1 genes and balance indices in obese elderly women

Zahra Karbakhsh Ravari¹, Zahra Farzinpor³, Ahad Shafiei Bafti^{2*}

1. Master of Science in Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sport Sciences, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran. zahrakarbakhsh2025@gmail.com
2. Master of Science in Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sport Sciences, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran. zahrafarzin2001@gmail.com
3. Corresponding Author, Professor, Department of Physical Education and Sports Sciences, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran. shafiee.sport@gmail.com

Article Information

Abstract

Article type: Research Article

Vol: 17

No: 33

P: 142-156

Received: 2025-11-24

Revised: 2026-05-30

Accepted: 2026-05-30

Cite this Article:

Zahra karbakhsh ravari, Ahad Shafiei bafti, Zahra farzinpor. The effect of ten weeks of Tabata resistance training on the expression of sclerostin, Dickkopf1 genes and balance indices in obese elderly women. *Journal of Sport and Biomotor Sciences*. 2025-2026; 17(33): 142-156.

Publisher: Hakim Sabzevari University

Authors retain the copyright and publishing rights.



Introduction and Purpose: Physical activity can influence indices related to bone homeostasis and balance in elderly individuals. The aim of the present study was to investigate the effect of ten weeks of Tabata resistance training on the expression of bone-related genes sclerostin (SOST) and Dickkopf-1 (DKK1) and balance indices in obese elderly women.

Materials and Methods: In this quasi-experimental study, 28 overweight or obese elderly women with a mean body mass index of 30 ± 5 kg/m² and a mean age of 60 ± 5 years were randomly assigned to either a control group or a Tabata resistance training group (n=14 each). The training group performed Tabata resistance exercises for ten weeks, three sessions per week, with each session lasting 45–60 minutes. Blood samples were collected 24 hours before and after the intervention to assess the expression of SOST and DKK1 genes using Real-Time PCR. Balance, muscular endurance, and walking performance were also evaluated. Data were analyzed using two-way ANOVA followed by Tukey's post hoc test at a significant level of $P < 0.05$.

Results: Tabata training intervention significantly reduced the expression of SOST and DKK1 genes in the training group compared to the control group ($P=0.001$)($P=0.001$). Also, a significant increase in balance, upper body and lower body muscular endurance and aerobic endurance indices was observed in the Tabata training group compared to the control group (respectively; ($P=0.011$), ($P=0.029$), ($P=0.020$), ($P=0.047$).

Conclusion: These results suggest that Tabata resistance training may be considered an effective exercise approach in physical activity programs for this population.

Key Words: Tabata resistance training, sclerostin, Dickkopf-1, obese elderly women

Extended Abstract

1. Introduction and Purpose

The increase in life expectancy in recent decades has led to a significant growth of the elderly population worldwide. Aging is associated with numerous physiological changes across various body systems, among the most critical of which are skeletal disorders, decreased muscle mass and strength, impaired balance, reduced mobility, and an increased risk of falls. These issues are further exacerbated in elderly women, particularly in the presence of obesity and overweight. Obesity can increase the risk of musculoskeletal problems and balance disorders by increasing the mechanical load on joints, reducing physical activity levels, and promoting metabolic disturbances. On the other hand, bone is a dynamic tissue that is constantly remodeling and is influenced by mechanical, hormonal, and molecular factors. One of the most important molecular pathways in regulating bone homeostasis is the Wnt/ β -catenin pathway, which plays an essential role in the differentiation and activity of bone-forming cells. In this pathway, certain molecules act as inhibitors, most notably Sclerostin (SOST) and Dickkopf-1 (DKK1). Increased expression of these genes is associated with decreased osteoblast activity, reduced bone formation, and an elevated risk of osteoporosis. Evidence suggests that aging and obesity may be linked to the increased expression of these inhibitors, thereby affecting bone health. Physical activity and exercise training have been proposed as among the most effective non-pharmacological strategies to maintain bone health and improve physical function in the elderly. In recent years, high-intensity interval training (HIIT) has attracted the attention of researchers. Tabata training is a type of HIIT that, due to its short duration, suitable intensity, and feasibility in various conditions, can be an appropriate option for elderly exercise programs. Nevertheless, limited research has investigated the effect of Tabata resistance training on molecular indices related to bone metabolism as well as functional indicators in obese elderly women. Therefore, the purpose of the present study was to investigate the effect of ten weeks of Tabata resistance training on the expression of SOST and DKK1 genes, as well as certain functional balance indices in obese elderly women.

2. Materials and Methods

This semi-experimental study was conducted using a pretest-posttest design with a control group. The statistical population of the study consisted of obese elderly women in Kerman. A total of 28 obese elderly women were selected purposively and, after providing informed consent to participate in the study, were randomly assigned to either the training or control group. The sample size was determined using G*POWER 3.1 software, considering a significance level of 0.05, a statistical power of 0.8, and an effect size of 0.27. Inclusion criteria included having a body mass index (BMI) of approximately 30 ± 5 kg/m², no

participation in regular exercise programs over the past two years, absence of chronic conditions such as cardiovascular disease, type 2 diabetes, hypertension, or malignant systemic diseases, no smoking or consumption of dietary supplements within the last two months, and no mobility limitations. Exclusion criteria consisted of absence from training sessions, use of medications or supplements during the study, onset of illness during the study, or unwillingness to continue cooperation. The training group participated in a Tabata resistance training program for 10 weeks. This program consisted of three training sessions per week, with each session lasting approximately 45 to 60 minutes. Each training session began with a warm-up, followed by the main components of the exercise, and concluded with a cool-down. The exercises included resistance and functional movements such as squats, planks, crunches, mountain climbers, modified burpees, and other modified movements that engaged the upper limbs, lower limbs, and core muscles. The intensity, number of intervals, and execution time were progressively increased over the course of the 10 weeks. Standard elderly assessments were utilized to evaluate functional indices. Upper limb muscle strength and endurance were measured using the 30-second arm curl test, lower limb strength and endurance were evaluated using the 30-second chair stand test, aerobic endurance was measured with the 2-minute step-in-place test, and balance was assessed using the Fullerton Advanced Balance (FAB) scale. Blood samples were drawn from the brachial vein 24 hours before and after the testing period. Following RNA extraction and cDNA synthesis, gene expression was measured using the Real-Time PCR method. The Gapdh gene was utilized as the reference gene, and relative analysis of gene expression was performed using the $2^{-\Delta\Delta CT}$ formula. Data were reported as mean \pm standard deviation. The normality of data distribution was evaluated using the Shapiro-Wilk test, and two-way analysis of variance (ANOVA) was used for data analysis. If significant differences were observed, Tukey's post-hoc test was applied for between-group comparisons. The significance level for all tests was set at $P \geq 0.05$.

3. Results

The results of the study demonstrated that after ten weeks of Tabata resistance training, the expression of SOST and DKK1 genes in the training group significantly decreased compared to the control group. This reduction was statistically significant for both genes ($P = 0.01$). Additionally, functional indices showed a remarkable improvement in the training group. Specifically, the functional balance of the participants increased significantly ($P = 0.011$). Upper limb muscular endurance ($P = 0.029$) and lower limb muscular endurance ($P < 0.020$) also demonstrated significant improvements. Furthermore, aerobic endurance increased significantly in the training group compared to the control group ($P < 0.047$).

4. Conclusions

Based on the results of the present study, performing ten weeks of Tabata resistance training can significantly improve functional indices, including balance, muscular endurance, and aerobic capacity in obese elderly women. Moreover, this type of training is associated with a decrease in the gene expression of Wnt pathway inhibitors, namely Sclerostin and Dickkopf-1, which may indicate its positive effects on regulating processes related to bone metabolism. Therefore, Tabata resistance training can be used as an effective, low-cost, and feasible exercise strategy in physical activity programs for the elderly, particularly obese women.

5. Acknowledgment & Funding

We would like to thank all individuals involved in conducting this research. This study was carried out

within the framework of the university's research activities.

6. Ethical Consideration

This study received ethical approval under code IR.IAU.KERMAN.REC.1403.086 from Islamic Azad University, Kerman Branch.

7. Authors' Contributions

All authors contributed to the article. All authors have read and approved the final manuscript.

8. Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest.

اثر ده هفته تمرین مقاومتی تاباتا بر بیان ژن های اسکروستین، دیککوپف ۱ و برخی شاخص های عملکردی تعادل زنان مسن چاق

زهرا کاربخش راوری^۱ ID، زهرا فرزین پور^۳ ID، احد شفیعی بافتی^۲ ID*

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران. zahrakarbaksh2025@gmail.com
۲. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران. zahrafarzin2001@gmail.com
۳. نویسنده مسئول، استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران. shafiee.sport@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	مقدمه و هدف: فعالیت بدنی می تواند بر شاخص های مرتبط با هموستاز استخوان و تعادل در افراد سالمند تأثیر داشته باشد. هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر ده هفته تمرین مقاومتی تاباتا بر بیان ژن های استخوانی (SOST، DKK1) و برخی شاخص های عملکردی تعادل زنان سالمند چاق بود.
دوره: ۱۷	مواد و روش ها: در این پژوهش نیمه تجربی ۲۸ زن سالمند دارای اضافه وزن یا چاق با میانگین شاخص توده بدنی برابر با 30 ± 5 کیلوگرم بر متر مربع (kg/m^2) و میانگین سن 60 ± 5 سال به طور تصادفی به دو گروه ۱۴ نفری کنترل و تمرین تاباتا تقسیم شدند. گروه تمرین به مدت ده هفته، سه جلسه در هفته و هر جلسه به مدت ۴۵ الی ۶۰ دقیقه تمرینات مقاومتی تاباتا را انجام دادند. ۲۴ ساعت پیش و پس از مداخله نمونه های خونی جهت ارزیابی بیان ژن های اسکروستین، دیککوپف ۱ گرفته شده و با روش Real-Time PCR بررسی شدند. همچنین شاخص های ترکیب بدنی و آزمون های تعادل، استقامت عضلانی و عملکرد راه رفتن در زنان سالمند بررسی شد. داده ها با استفاده از آزمون آماری تحلیل واریانس دوطرفه و آزمون تعقیبی توکی در سطح معناداری ($P \leq 0.05$) تحلیل شدند.
شماره: ۳۳	یافته ها: مداخله تمرینی تاباتا باعث کاهش معنادار بیان ژن های SOST و DKK1 در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل شد ($P=0.001$) ($P=0.001$). همچنین، افزایش معنادار در شاخص های تعادل، استقامت عضلانی بالاتنه، پایین تنه و استقامت هوازی در گروه تمرین تاباتا نسبت به کنترل مشاهده شد به ترتیب: ($P=0.011$) ($P=0.029$) ($P=0.020$) ($P=0.047$).
صفحه: ۱۴۲-۱۵۶	نتیجه گیری: این نتایج نشان می دهد که تمرین مقاومتی تاباتا می تواند به عنوان یک رویکرد تمرینی مناسب در برنامه های فعالیت بدنی برای زنان سالمند مد نظر قرار گیرد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۳۰	
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۵/۰۲/۰۹	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۰۹	

نحوه ارجاع به این مقاله:

زهرا کاربخش راوری، احد شفیعی بافتی، زهرا فرزین پور. اثر ده هفته تمرین مقاومتی تاباتا بر بیان ژن های اسکروستین، دیککوپف ۱ و برخی شاخص های عملکردی تعادل زنان مسن چاق. نشریه ورزش و علوم زیست حرکتی. ۱۴۰۵؛ ۱۷(۳۳): ۱۴۲-۱۵۶

ناشر: دانشگاه حکیم سبزواری

واژه های کلیدی: تمرینات مقاومتی تاباتا، اسکروستین، دیککوپف ۱، زنان سالمند چاق



نویسندگان حق نشر و حقوق کامل انتشار را حفظ می کنند.

مقدمه

افزایش امید به زندگی در سال‌های اخیر موجب شده است تا جمعیت سالمندان به عنوان یکی از سریع‌ترین گروه‌های در حال رشد جمعیتی مورد توجه نظام‌های سلامت قرار گیرد. بر اساس گزارش‌های سازمان بهداشت جهانی، افراد ۶۰ سال و بالاتر در گروه سالمندان طبقه‌بندی می‌شوند و پیش‌بینی‌ها حاکی از افزایش قابل توجه سهم این گروه سنی در جمعیت جوامع مختلف است (۱،۲). این تغییر جمعیتی، همراه با افزایش شیوع بیماری‌های مزمن و کاهش توانایی‌های عملکردی، ضرورت توجه به راهکارهای پیشگیرانه و مداخلات مؤثر را بیش از پیش آشکار می‌سازد.

در میان مشکلات شایع دوران سالمندی، اختلالات اسکلتی-عضلانی، کاهش تعادل و افزایش خطر سقوط جایگاه ویژه‌ای دارند. این مشکلات در زنان سالمند به دلیل تغییرات هورمونی، کاهش توده استخوانی و ضعف تدریجی عضلات بیشتر مشاهده می‌شود (۳). از سویی دیگر، چاقی به عنوان یک عامل تشدیدکننده، می‌تواند این وضعیت را پیچیده‌تر کند. شواهد موجود نشان می‌دهد که زنان سالمند چاق در مقایسه با هم‌تایان غیرچاق خود، بیشتر در معرض کاهش تراکم معدنی استخوان، ضعف عضلات اندام تحتانی، اختلال در کنترل پاسچرال و محدودیت‌های حرکتی قرار دارند، عواملی که همگی خطر سقوط و شکستگی را افزایش می‌دهند (۴-۶). این پیامدها علاوه بر تأثیر منفی بر کیفیت زندگی، هزینه‌های قابل توجهی را به نظام سلامت تحمیل می‌کنند (۷).

بافت استخوانی بر خلاف تصور عمومی، یک بافت ایستا نیست؛ بلکه ساختاری پویا و فعال از نظر متابولیسم است که به طور مداوم در حال بازسازی است. این فرایند بازسازی تحت تأثیر بارهای مکانیکی، عوامل هورمونی و مسیرهای مولکولی متعددی تنظیم می‌شود. در این میان مسیر پیام‌رسانی سلولی وینت^۱ به عنوان یکی از مهم‌ترین مسیرهای تنظیم‌کننده هموستاز استخوان شناخته شده و نقش کلیدی در تمایز و فعالیت استئوبلاست‌ها ایفا می‌کند (۸،۹). اختلال در این مسیر می‌تواند به کاهش استخوان‌سازی و در نهایت بروز پوکی استخوان منجر شود (۱۰).

در این میان، اسکروستین^۲ و دیککوپف^۳ به عنوان مهارکننده‌های اصلی مسیر Wnt شناخته می‌شوند. اسکروستین عمدتاً توسط استئوسیت‌ها ترشح شده و از طریق اتصال به گیرنده‌های LRP5/6، سیگنالینگ Wnt را مهار و فرایند تشکیل

استخوان را کاهش می‌دهند (۱۱،۱۲). به طور مشابه، دیککوپف^۱ نیز به عنوان یک آنتاگونیست قوی مسیر Wnt عمل کرده و اثر مهاری قابل توجهی بر عملکرد استئوبلاست‌ها دارد (۱۳). افزایش بیان ژن‌های SOST و DKK1 در فرآیند سالمندی، چاقی و شرایط مرتبط با پوکی استخوان گزارش شده و با کاهش توده استخوانی و افزایش خطر شکستگی همراه است (۱۴-۱۶).

علاوه بر تغییرات استخوانی، سالمندی با افت عملکرد عصبی-عضلانی، کاهش پایداری پاسچرال و اختلال در تعادل همراه است. کاهش قدرت عضلات، اختلال در حس عمقی و تأخیر در پاسخ‌های عضلانی از جمله عوامل اصلی کاهش تعادل و افزایش خطر سقوط در سالمندان محسوب می‌شود (۱۷،۱۸). از این رو، مداخلاتی که بتوانند به طور همزمان سلامت استخوان و عملکرد تعادلی را بهبود بخشند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. فعالیت بدنی به عنوان یک راهکار غیردارویی مؤثر برای ارتقا سلامت اسکلتی-عضلانی و بهبود ظرفیت عملکردی سالمندان شناخته می‌شود. در این میان، تمرینات مقاومتی نقش برجسته‌ای در افزایش قدرت عضلانی، بهبود تعادل و اعمال بار مکانیکی مؤثر بر استخوان دارند و می‌توانند بر متابولیسم استخوان تأثیر مثبت بگذارند (۱۹-۲۱). در سال‌های اخیر توجه پژوهشگران به تمرینات تناوبی با شدت بالا^۴ به دلیل کارایی زمانی و توانایی ایجاد سازگاری‌های فیزیولوژیکی قابل توجه، حتی در جمعیت سالمند، افزایش یافته است (۲۲).

تمرینات تاباتا به عنوان یکی از اشکال شناخته شده HIIT، شامل دوره‌های کوتاه فعالیت با شدت بالا همراه با فواصل استراحت کوتاه هستند. ترکیب این الگوی تمرینی با تمرینات مقاومتی می‌تواند محرک‌های مکانیکی و متابولیسمی کافی برای ایجاد سازگاری‌های اسکلتی-عضلانی فراهم کند (۲۳،۲۴). برخی مطالعات نشان داده‌اند که پروتکل‌های تمرین HIIT مبتنی بر تمرینات مقاومتی می‌توانند موجب بهبود تعادل، استقامت عضلانی و عملکرد حرکتی در سالمندان شوند (۲۵). با این حال، شواهد مربوط به اثر این نوع تمرینات بر نشانگرهای مولکولی متابولیسم استخوان، به ویژه بیان ژن‌های SOST و DKK1 محدود و بعضاً متناقض است (۲۶،۲۷).

با وجود اهمیت این موضوع، تاکنون مطالعات اندکی به بررسی هم‌زمان اثر تمرین مقاومتی تاباتا بر بیان ژن‌های مرتبط با متابولیسم استخوان و شاخص‌های تعادل در زنان سالمند چاق پرداخته‌اند، گروهی که هم‌زمان در معرض خطر چاقی، تحلیل استخوان و افت عملکرد حرکتی قرار دارند. این کمبود شواهد،

1. Wnt β -catenin

2. SOST

3. DKK1

4. High-intensity interval training (HIIT)

عبارت بودند از: شاخص توده بدن 30 ± 5 کیلوگرم بر مترمربع، شرکت نکردن در برنامه‌های تمرین ورزشی منظم در دو سال قبل از مطالعه و عدم محدودیت جسمانی برای شرکت در تمرینات ورزشی که از طریق ارزیابی جسمانی، بررسی سوابق پزشکی و مصاحبه تعیین شد (امضا کردن فرم رضایت نامه آگاهانه، عدم ابتلا به بیماری‌های مختلف از قبیل پرفشار خونی، بیماری‌های قلبی-عروقی، دیابت نوع ۲ و بیماری‌های سیستمیک بدخیم از جمله سرطان (که با بررسی‌های پزشکی و سوابق پزشکی آزمودنی‌ها محرز شد)، عدم مصرف دخانیات، دارو یا مکمل غذایی طی دو ماه قبل از تحقیق و میانگین سنی 60 ± 5 سال.

معیارهای خروج از مطالعه شامل عدم تمایل شرکت‌کنندگان به ادامه همکاری، غیبت در جلسات تمرین ورزشی، مصرف هرگونه دارو یا مکمل در طول دوره پژوهش و بروز هرگونه بیماری به جز چاقی بود، در صورت وقوع هر یک از این موارد، داوطلبان از ادامه مطالعه کنار گذاشته شدند.

پروتکل تمرینات مقاومتی تاباتا: هر جلسه تمرین شامل شش دقیقه گرم کردن، بدنه اصلی تمرین (۲۰ الی ۳۰ دقیقه) و شش دقیقه انجام حرکات کششی به منظور سرد کردن بود (۲۸). برنامه تخصصی شامل حرکات متعددی که عضلات بالاتنه، پایین تنه و مرکزی بدن را تقویت کنند انتخاب شد و به مدت ده هفته، هر هفته سه جلسه (۴۵ تا ۶۰ دقیقه) بود. هر جلسه تمرین متشکل از چهار مرحله اجرای حرکات ورزشی منتخب بود به طوری که زمانی که دو حرکت انتخاب شده بود ورزشکار چهار دوره آن حرکت را اجرا می‌کرد و زمانی که چهار حرکت انتخاب شده بود ورزشکار آن حرکت را دو دوره اجرا می‌کرد. فاصله استراحتی بین هر مرحله یک تا دو دقیقه در نظر گرفته شد و شدت فعالیت ورزشی در ابتدا متوسط و بر اساس توان اولیه شخص در نظر گرفته شد و با افزایش مدت زمان فعالیت و تعداد حرکات انتخابی در هر مرحله افزایش یافت (جدول ۱). حرکات انتخابی شامل: پلانک، چرخش بازوها، اسکوات با مشت زدن، اسکوات نیم ایستاده، کرانچ، صبح بخیر، پلانک زانو، پل باسن، سومو اسکوات، ضربه پا به عقب نشسته، قیچی، سوپرم، سگ پرنده، کوهنورد، پله روی استپ، لانگ به پهلو، چرخش روسی، پلانک همراه با ضربه زدن به شانه، شنا سوئدی اصلاح شده، پشت بازو دمبل، کرانچ دوچرخه، زانو بلند اصلاح شده با وزنه، بورپی اصلاحی، پروانه اصلاحی، کرانچ ستاره دریایی و هالوبادی بود.

شکاف قابل توجهی را در ادبیات پژوهشی موجود ایجاد کرده است. بر این اساس، هدف پژوهش حاضر بررسی اثر ده هفته تمرین مقاومتی تاباتا بر بیان ژن‌های اسکلوستین (SOST) و دیککویف ۱ (DKK1) و شاخص‌های تعادل و عملکرد حرکتی در زنان سالمند چاق بود. تبیین این اثرات می‌تواند به درک بهتر سازوکارهای مولکولی و عملکردی تمرینات تناوبی مقاومتی بر ژن‌های موردنظر کمک کرده و شواهد علمی لازم برای طراحی برنامه‌های هدفمند در این گروه جمعیتی را فراهم آورد.

روش‌شناسی

مطالعه حاضر از نوع نیمه تجربی به صورت پیش‌آزمون - پس‌آزمون با گروه‌های تجربی و کنترل انجام شد.

جامعه آماری مطالعه حاضر را زنان سالمند چاق کرمان با میانگین سنی بین 60 ± 5 سال تشکیل دادند.

حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار G.POWER 3.1 و بر اساس طرح الفا 0.05 و توان آماری 0.8 و اندازه اثر 0.27 در دو گروه با دو مرتبه اندازه‌گیری، ۲۸ نفر به دست آمد.

پس از انجام اطلاع‌رسانی (درخواست همکاری با سازمان بازنشستگان و اطلاع‌رسانی در شبکه‌های اجتماعی)، از بین افراد واجد شرایط تعداد ۲۸ زن سالمند چاق به عنوان آزمودنی انتخاب شدند. در مطالعه حاضر، نمونه‌گیری به صورت هدفمند از بین افراد در دسترس توسط محقق صورت گرفت و همه آزمودنی‌ها به صورت داوطلبانه در مطالعه حاضر شرکت کردند. از بین افراد داوطلب ۲۸ نفر به عنوان نمونه آماری جهت اجرای مطالعه انتخاب شدند. تمامی آزمودنی‌ها قبل از آغاز برنامه تمرین ورزشی برای شرکت در یک جلسه توجیهی به باشگاه ورزشی فراخوانده شدند و در این جلسه، چگونگی اجرای برنامه تمرین مقاومتی، معایب و اثرات مثبت احتمالی آن بازگو گردید. در نهایت، با توجه به کلیه جوانب، از افرادی که با شرایط شرکت در مطالعه حاضر موافق بودند، خواسته شد که رضایت‌نامه کتبی آگاهانه را امضا کنند. در مرحله بعد، آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در دو گروه ($n=14$) شامل گروه کنترل و تمرین تاباتا تقسیم‌بندی شدند.

معیارهای ورود و خروج از مطالعه: معیارهای در نظر گرفته شده برای ورود آزمودنی‌ها به مطالعه حاضر

جدول ۱. تمرینات پیلاتس

هفته	تعداد تکرار حرکات	تعداد حرکات در هر دوره	الگوی تابا تا
۲-۱	۴ دوره	۲ حرکت انتخابی	۲۰ ثانیه فعالیت / ۱۰ ثانیه استراحت
۳-۴-۵	۲ دوره - ۴ دوره	۴ حرکت انتخابی / ۲ حرکت انتخابی	۲۰ ثانیه فعالیت / ۱۰ ثانیه استراحت برای دوره‌های دو حرکتی ۳۰ ثانیه فعالیت / ۱۵ ثانیه استراحت برای دوره‌های ۴ حرکتی
۶-۷-۸	۲ دوره - ۴ دوره	۴ حرکت انتخابی / ۲ حرکت انتخابی	۳۰ ثانیه فعالیت / ۱۵ ثانیه استراحت
۹-۱۰	۲ دوره - ۴ دوره	۲ حرکت انتخابی	۴۰ ثانیه فعالیت / ۱۵ ثانیه استراحت

آزمون‌های میدانی سالمندان

برای سنجش قدرت بالاتنه از آزمون جلو بازو ۳۰ ثانیه‌ای استفاده شد. نحوه کار به این صورت بود که ابتدا آزمودنی بر روی صندلی نشسته و دمبل ۲/۵ کیلوگرمی را با دست غالب در دست گرفته و با علامت شروع دمبل را در دامنه حرکتی آرنج تا حدی که می‌تواند بالا آورد و تعداد در ۳۰ ثانیه ثبت شد (۱۷). برای سنجش قدرت پایین تنه آزمون نشستن و برخاستن از صندلی با ارتفاع ۴۴ سانتی‌متر ۳۰ ثانیه استفاده شد. نحوه کار به این صورت بود که آزمودنی روی صندلی نشسته و دست‌ها به صورت ضربدر روی سینه آزمودنی قرار گرفته با اعلام حرکت آزمودنی از روی صندلی برخاسته و سپس به وضعیت کامل نشسته برگشت؛ تعداد صحیح حرکت در ۳۰ ثانیه ثبت شد (۱۷). برای سنجش استقامت قلبی-عروقی از آزمون قدم درجا ۲ دقیقه استفاده شد. با علامت شروع آزمودنی به مدت ۲ دقیقه شروع به قدم درجا کرده و هر دو زانو تا ارتفاع تعیین شده (ارتفاع گام برابر با نصف فاصله بین زانو (مرکز کشکک) تا ستیغ خاصه) بالا آورد؛ اما تنها گام‌های پای راست وی برای ثبت امتیاز شمرده شد (۱۸-۱۹). سنجش تعادل پیشرفته فولرتون برای ارزیابی تعادل در سالمندان و با سطح عملکرد بالا استفاده شد. این آزمون دارای ۱۰ مورد است که ابعاد مختلف تعادل را ارزیابی می‌کند. مقیاس سنجش تعادل پیشرفته فولرتون، یک آزمون چند بعدی است که با توجه به شناسایی عوامل چندگانه اثر گذار در تعادل، طراحی شده است و هر سه سیستم حسی، عصبی-عضلانی و عضلانی را که ممکن است علت اختلال به وجود آمده باشند، ارزیابی می‌کند (۲۰).

تجزیه و تحلیل بیان ژنی نمونه‌های خونی و سنجش

متغیرها

از آزمودنی‌ها خواسته شد تا پس از ناشتایی شبانه (حداقل ۱۲ ساعت) برای خون‌گیری در مرحله پیش آزمون به آزمایشگاه مراجعه کنند. از تمامی آزمودنی‌ها پنج میلی‌لیتر خون از ورید بازویی به منظور سنجش بیان ژن‌ها اخذ گردید. در انتهای برنامه

تمرینی، آزمودنی‌ها ۲۴ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین مقاومتی (برای از بین رفتن اثرات حاد جلسه آخر تمرین) برای خون‌گیری در مرحله پس آزمون همانند مرحله پیش آزمون حاضر شدند. سپس نمونه‌های خون پس از سانتریفیوژ و جدا کردن سرم تا زمان آزمایش در دمای منفی ۸۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سنجش بیان ژن‌های اسکلوستین و Dkk-1 توسط مسئول آزمایشگاه انجام شد. ابتدا نمونه‌های سلول‌های خونی آزمودنی‌ها از حالت فریز خارج شدند و برای استخراج RNA با استفاده از محلول تریزول (یکتا تجهیز آزما) لیز شد و با دستگاه همگن‌کننده بافت کاملاً هموژن شد و بر اساس دستورالعمل کیت برای جداسازی RNA از کلروفورم و ایزوپروپانول و شستشوی آن، از اتانول ۷۵ درصد استفاده گردید. کل نمونه‌ها با دستگاه پیکودراپ (picodrop limited, Hinxton, United Kingdom) اندازه‌گیری RNA و سنجش غلظت در طول موج‌های ۲۶۰/۲۸۰ و ۲۳۰/۲۸۰ مورد سنجش قرار گرفتند. سنتز cDNA با استفاده از کیت (Yektatajhez) cDNA Synthesis، به شماره (Cat No: YT4500) و بر اساس پروتکل سنتز cDNA موجود در کیت انجام شد. با اضافه کردن RNase inhibitor جهت از بین بردن آلودگی، سنتز cDNA در دستگاه PCR ساخت شرکت Analitik Jena انجام گردید. به منظور اندازه‌گیری سطح بیان ژن‌های مربوطه از روش Real Time-PCR (qRT-PCR) با کمک آنزیم Real Q Plus 2x Master Mix Green محصول شرکت (Ampliqon SYBR green Master Mix High) ساخت کشور دانمارک و با استفاده از دستگاه real time PCR مدل Rotor Gene Q ساخت کمپانی QIAGEN صورت گرفت. پروتکل دمایی به صورت دنا تورا سیون اولیه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه، به دنبال آن ۴۰ چرخه متوالی به صورت دنا تورا سیون در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ ثانیه، ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ثانیه و ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ثانیه انجام شد. توالی پرایمرهای مورد استفاده در این پژوهش توسط نرم‌افزار آنلاین طراحی آغازگر Primer-BLAST وابسته به پایگاه ملی اطلاعات زیست فناوری (NCBI) طراحی شده‌اند و توالی بازهای پرایمرها

نرمالیزه شد. در این مطالعه، اختلاف CT به دست آمده از نمونه‌های مورد آزمایش و نمونه‌های کنترل محاسبه و با استفاده از فرمول $2^{-\Delta\Delta CT}$ نسبت ژن هدف به ژن مرجع محاسبه شده است.

در جدول شماره دو ارائه شده و همچنین از ژن (Gapdh) به عنوان ژن کنترل داخلی استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس مقایسه چرخه آستانه (CT) انجام می‌شود. منحنی تکثیر هر واکنش PCR با منحنی تکثیر ژن مرجع Gapdh مربوطه

جدول ۲. پرایمرهای مورد استفاده در پژوهش

Target	Forward Primer	Reverse Primer	TM (c)
DKK-1	5'-ATAGCACCTTGGATGGGTATTCC-3'	5'-CTGATGACCGGAGACAAACAG-3'	55.92
SOST	5'-ACACAGCCTTCCGTGTAGTG-3'	5'-GGTTCATGGTCTTGTGTTCTCC-3'	58.62
Gapdh	5'-CAACTCCTCAAGATTGTCAGCAA-3'	5'-GGCATGGACTGTGGTCATGA-3'	60.40

مرحله پیش آزمون و پس آزمون از توزیع نرمال برخوردار بود ($P=0/05$). همچنین نتایج آزمون لون بیانگر همگنی واریانس‌ها بین گروه‌ها بود ($P=0/05$). بنابراین، شرایط لازم برای استفاده از آزمون‌ها پارامتریک فراهم شد. نتایج تحلیل واریانس دو طرفه شاخص توده بدنی^۱ نشان داد اثر متقابل زمان و گروه بر BMI معنادار است ($F(1,44)=4/32$; $P=0/043$) (شکل ۱-A). نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد BMI در پس آزمون گروه تمرینی تاباتا به طور معناداری کمتر از گروه کنترل بود (اختلاف میانگین: $3/77$; $P=0/025$). نتایج تحلیل واریانس نسبت دور کمر به لگن^۲ نشان داد اثر متقابل زمان بر گروه WHR معنادار نبود ($F(1,44)=2/72$, $P=0/106$). بررسی درون گروهی نشان داد تغییرات WHR در گروه تمرین تاباتا از نظر آماری معنادار نبود (شکل ۱-B).

ملاحظات اخلاقی

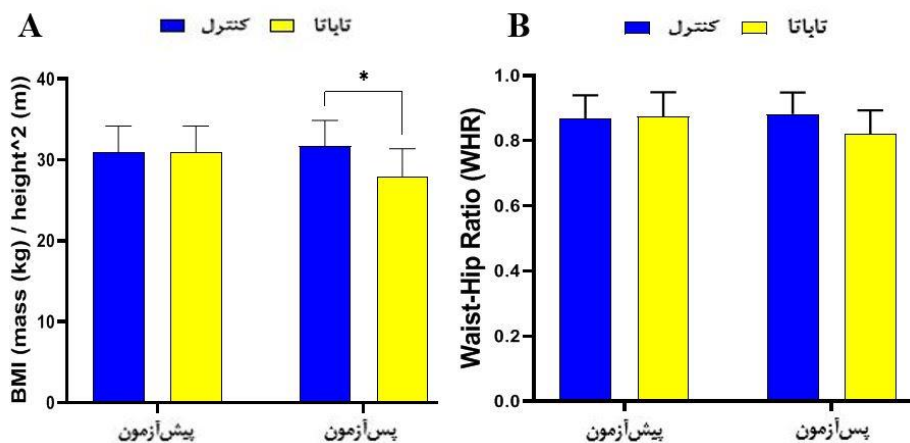
پروپوزال این مطالعه در کمیته اخلاق دانشگاه آزاد واحد کرمان تأیید شده است (کد اخلاق IR.IAU.KERMAN.REC.1403.086)

روش‌های آماری

کلیه نتایج به صورت (میانگین \pm انحراف استاندارد) بیان و جهت بررسی توزیع نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیروویلیک و برای مقایسه تفاوت بین گروه‌ها از آزمون آماری تحلیل واریانس دوطرفه و آزمون تعقیبی توکی در سطح معنی‌داری ($P \leq 0/05$) استفاده شد. کلیه محاسبات آماری از طریق نرم‌افزار آماری GraphPad Prism نسخه ۹ انجام شد.

یافته‌ها

نتایج آزمون شاپیرو-ویلیک نشان داد توزیع داده‌های مربوط به تمامی متغیرهای پژوهش در هر دو گروه تمرین تاباتا و کنترل در



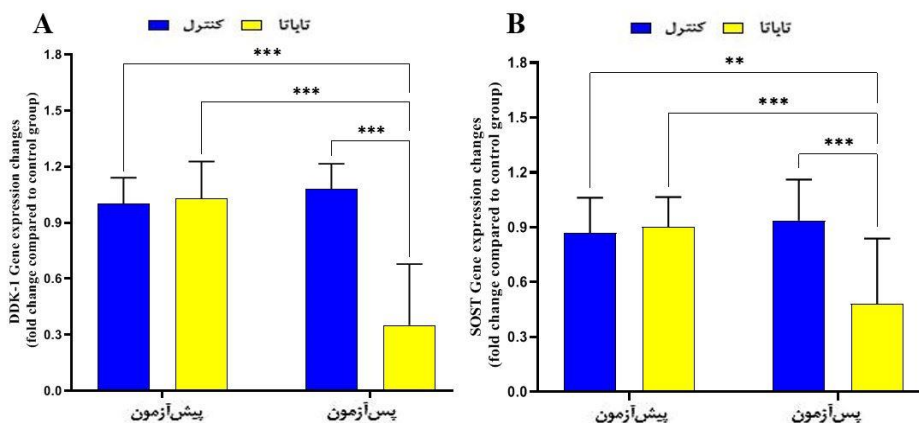
شکل ۱. تغییرات شاخص توده بدنی BMI و نسبت دور کمر به دور لگن WHR زنان مسن چاق در گروه‌های تمرین تاباتا و کنترل در مراحل پیش آزمون و پس آزمون (A). شاخص توده بدنی: نتایج نشان داد که BMI در پس آزمون گروه تمرین تاباتا نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری داشته است ($P=0/025$). (B) نسبت دور کمر به دور لگن: تغییرات WHR در هیچ یک از گروه‌های تمرین تاباتا و کنترل از پیش آزمون تا پس آزمون از نظر آماری معنادار نبود. داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار ارائه شده‌اند. علامت * نشان‌دهنده تفاوت معنادار در سطح ($P=0/05$) است.

1. Body mass index (BMI)
2. Waist-to-hip ratio (WHR)

نتایج تحلیل واریانس بیان ژن اسکلوستین (SOST) نشان داد اثر متقابل زمان بر گروه ژن SOST معنادار است ($P=0/001$). نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد در گروه تمرین تاباتا، بیان ژن DKK1 پس از آزمون نسبت به پیش از آزمون کاهش معنادار یافت ($P=0/001$). همچنین بیان ژن DKK1 در پس از آزمون گروه تمرین تاباتا نسبت به پیش از آزمون گروه کنترل به طور معناداری کمتر بود ($P=0/002$) ($P=0/001$) (شکل ۲-B).

بیان ژن‌های مرتبط با متابولیسم استخوان

نتایج تحلیل واریانس بیان ژن دیککوف ۱ نشان داد اثر متقابل زمان بر گروه ژن DKK1 معنادار است ($F_{(1,44)}=37/3$, $P=0/001$). نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد در گروه تمرین تاباتا، بیان ژن DKK1 پس از آزمون نسبت به پیش از آزمون کاهش معنادار یافت ($P=0/001$). همچنین بیان ژن DKK1 در پس از آزمون گروه تمرین تاباتا نسبت به پیش از آزمون گروه کنترل به طور معناداری کمتر بود ($P=0/001$) ($P=0/001$) (شکل ۲-A).



شکل ۲. تغییرات بیان ژن‌های مرتبط با متابولیسم استخوان در زنان مسن چاق در گروه‌های تمرین تاباتا و کنترل در مرحله پیش از آزمون و پس از آزمون. A) دیککوف ۱: تغییرات ژن DKK1 در پس از آزمون گروه تمرین تاباتا نسبت به سایر گروه‌ها کاهش معناداری داشت ($P=0/001$) ($P=0/001$) ($P=0/001$) B) اسکلوستین: تغییرات ژن SOST در پس از آزمون گروه تمرین تاباتا نسبت به سایر گروه‌ها کاهش معناداری داشت ($P=0/001$) ($P=0/002$) ($P=0/001$). داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار ارائه شده‌اند. علامت * نشان‌دهنده تفاوت معنادار در سطح ($P=0/001$) است. علامت *** نشان‌دهنده تفاوت معنادار در سطح ($P=0/001$) است.

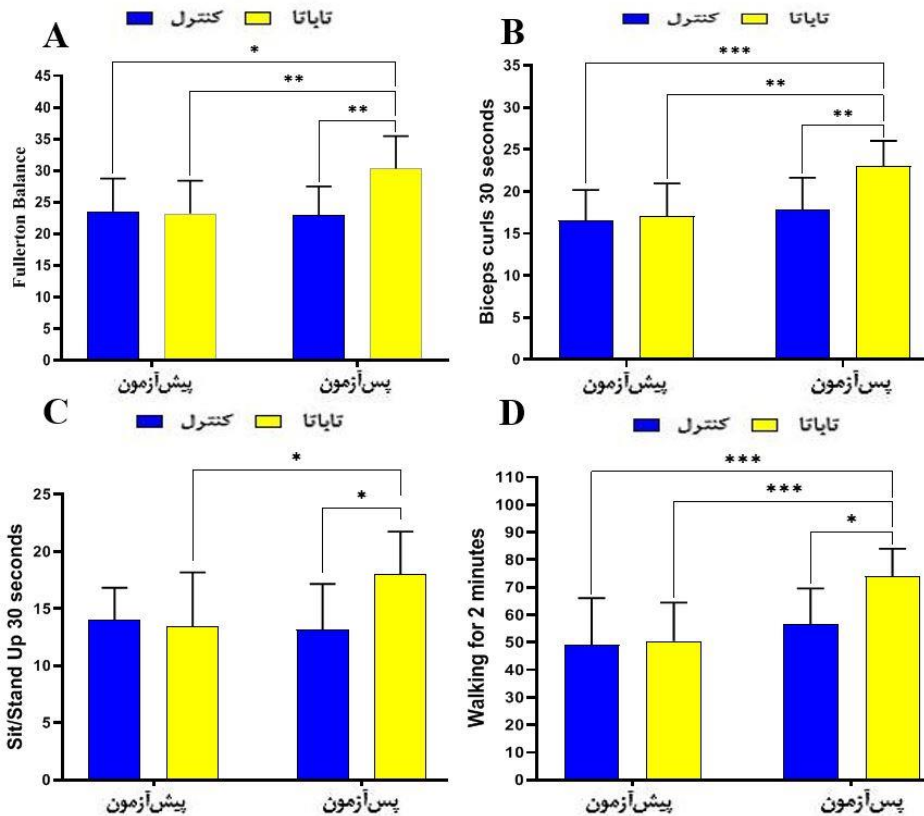
نتایج تحلیل واریانس استقامت پایین تنه نشان داد اثر متقابل زمان و گروه در متغیر نشست و برخاستن (استقامت پایین تنه) معنادار است ($F_{(1,44)}=5/81$, $p=0/020$). نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد آزمون نشست و برخاستن در زنان مسن گروه پس از آزمون تاباتا نسبت به گروه پیش از آزمون تاباتا افزایش معنادار داشت ($p=0/030$). همچنین افزایش معنادار نشست و برخاستن در گروه پس از آزمون تاباتا نسبت به پس از آزمون کنترل مشاهده شد ($p=0/020$) (شکل ۳-C).

نتایج تحلیل واریانس استقامت هوازی (آزمون گام برداری دو دقیقه‌ای) نشان داد اثر متقابل زمان بر گروه بر شاخص گام برداری دو دقیقه‌ای معنادار بود ($F_{(1,44)}=4/19$, $P=0/047$). نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد گام برداری در زنان مسن گروه پس از آزمون تاباتا نسبت به گروه پیش از آزمون تاباتا افزایش معنادار داشت ($P=0/001$). همچنین افزایش معنادار گام برداری در گروه پس از آزمون تاباتا نسبت به پیش از آزمون گروه کنترل مشاهده شد ($P=0/001$) ($P=0/016$) (شکل ۳-D).

شاخص‌های عملکردی

نتایج تحلیل واریانس شاخص تعادل فولرتون نشان داد اثر متقابل زمان بر گروه بر نمره تعادل فولرتون معنادار است ($P=0/011$). نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد تعادل در زنان مسن گروه پس از آزمون تاباتا نسبت به گروه پیش از آزمون تاباتا افزایش معنادار داشت ($P=0/006$). همچنین افزایش معنادار تعادل در گروه پس از آزمون تاباتا نسبت به پیش از آزمون گروه کنترل مشاهده شد ($P=0/010$) ($P=0/005$) (شکل ۳-A).

نتایج تحلیل واریانس استقامت بالاتنه اثر متقابل زمان بر گروه در شاخص خم کردن جلو بازو (استقامت بالا تنه) معنادار بود ($F_{(1,44)}=5/08$, $P=0/029$). نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد استقامت بالاتنه در زنان مسن گروه پس از آزمون تاباتا نسبت به گروه پیش از آزمون تاباتا افزایش معنادار داشت ($P=0/001$). همچنین افزایش معنادار استقامت بالاتنه در گروه پس از آزمون تاباتا نسبت به پیش از آزمون گروه کنترل مشاهده شد ($P=0/001$) ($P=0/005$) (شکل ۳-B).



شکل ۳. تغییرات شاخص‌های عملکردی زنان مسن چاق در گروه‌های تمرین تاباتا و کنترل در مراحل پیش از تمرین و پس از تمرین. A. نمره تعادل فولرتون در گروه تاباتا در پس از تمرین به طور معناداری نسبت به سایر گروه‌ها افزایش داشت ($P=0/006$) ($P=0/010$) B. استقامت بالاتنه (آزمون جلو بازو در ۳۰ ثانیه): در گروه تاباتا در پس از تمرین به طور معناداری نسبت به سایر گروه‌ها افزایش داشت ($P=0/005$) ($P=0/001$) ($P=0/001$) C. استقامت پایین تنه (آزمون نشستن و برخاستن): در گروه تاباتا در پس از تمرین به طور معناداری نسبت به گروه پیش از تمرین تاباتا و پس از تمرین گروه کنترل افزایش داشت ($P=0/030$) ($P=0/020$) D. استقامت هوازی (آزمون گام برداشتن دو دقیقه‌ای): در گروه تاباتا در پس از تمرین به طور معناداری نسبت به سایر گروه‌ها افزایش داشت ($P=0/001$) ($P=0/001$) ($P=0/016$). داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار ارائه شده‌اند. علامت * نشان‌دهنده تفاوت معنادار در سطح ($P=0/05$) است. علامت ** نشان‌دهنده تفاوت معنادار در سطح ($P=0/01$) است. علامت *** نشان‌دهنده تفاوت معنادار در سطح ($P=0/001$) است.

بحث

یافته اصلی پژوهش حاضر نشان داد که ده هفته تمرین مقاومتی تاباتا میزان بیان ژن‌های DKK-1 و SOST را نسبت به گروه کنترل کاهش داد و همزمان شاخص‌های تعادل، استقامت بالاتنه، پایین تنه و استقامت هوازی همراه با تمرینات تاباتا نسبت به گروه کنترل افزایش پیدا کردند. این نتایج بیانگر آن است که تمرین مقاومتی تاباتا می‌تواند از طریق تأثیر بر ساز و کارهای مولکولی مرتبط با متابولیسم استخوان، پیامدهای عملکردی مؤثری بر تعادل در این گروه سنی ایجاد کند. استخوان یک بافت متابولیک فعال و پیچیده است که دائماً در حال تغییر است. جدا از خواص مکانیکی ضروری شامل

محافظت از اندام‌های داخلی، حمایت از بافت‌های نرم و حرکت، بافت استخوان دارای طیف گسترده‌ای از عملکردهای متابولیکی است؛ زیرا نقش اساسی در هموستاز معدنی سیستمیک ایفا می‌کند و در آن نقش خون‌سازی دارد که به دلیل ارتباط نزدیک بین سلول‌های استخوانی و سلول‌های مغز استخوان خون‌ساز است (۲۰-۲۱). نتایج تحقیق حاضر نشان داد میزان بیان ژن‌های SOST و DKK-1 در گروه تمرین تاباتا در مقایسه با گروه کنترل به طور معنی‌داری کاهش یافت.

همسو با نتایج مطالعه حاضر، بلاوی و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای ۲۴ آزمودنی مرد سالمند در طول ۶۰ روز استراحت در بستر، به سه گروه تمرین ارتعاش مقاومتی^۱، فقط ورزش مقاومتی و بدون ورزش (کنترل) تقسیم کردند. سطوح سرمی را در ۱۶

۱- whole-body vibration resistance training(WBV-RT)

اسکلروستین در مقایسه با DKK-1 ممکن است عملکردهای انتخابی بیشتری انجام دهد، در حالی که DKK-1 ممکن است یک پروتئین مهار کننده pan-Wnt باشد (۲۷). همچنین، ممکن است اسکلروستین از طریق مسیر Wnt در جذب استخوان عمل کند. بیان شده که موش‌های دارای کمبود اسکلروستین توده استخوانی بسیار بالایی دارند (۲۸). به نظر می‌رسد در مطالعه حاضر پس از یک محرک مکانیکی، اسکلروستین ترشح شده توسط سلول‌های استخوانی از طریق کانال‌های استئوسیتی به سطح استخوان می‌رود و در آنجا به هسته گیرنده‌های لیپوپروتئین با چگالی کم ۵ و ۱۶ متصل می‌شود و بنابراین از فعالیت مسیر Wnt جلوگیری می‌کند. اسکلروستین سریع‌ترین واکنش را به فعالیت مکانیکی داد و در واقع درمان‌هایی که اسکلروستین را مهار می‌کنند ممکن است یک درمان هدفمند امیدوارکننده برای از دست دادن استخوان با منشأ مختلف باشد (۲۹). تمرینات تاباتا که مورد مطالعه قرار گرفت به طور قابل توجهی باعث کاهش سطح بیان ژن اسکلروستین شد.

علاوه بر تراکم استخوان که بر عملکرد مفاصل و استخوان تأثیر دارند، تعادل نیز اساس توانایی شخص برای حرکت و عملکرد مستقل است؛ با این حال، حفظ تعادل با افزایش سن کاهش می‌یابد و اختلال در تعادل مهم‌ترین عامل خطر برای افتادن در سالمندان است. مطالعات نشان می‌دهند که تمرین‌های مقاومتی، به ویژه تقویت عضلات مچ پا و لگن موجب بهبود توانایی راه رفتن و تعادل وضعیتی در سالمندان می‌شوند (۳۰-۳۲). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تعادل زنان مسن به واسطه انجام تمرینات تاباتا بهبود معنادار پیدا کرد. یو و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای که با هدف بررسی اثرات تمرین مقاومتی با استفاده از کش‌های تراباند بر تعادل سالمندان انجام شد نشان دادند که ورزش مقاومتی با استفاده از تراباند برای بهبود تعادل ایستا و پویا سالمندان مؤثر است (۳۳). وفایی نسب و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای اثر هشت هفته تمرین مقاومتی اندام تحتانی با باند الاستیک بر تعادل، سرعت راه رفتن و قدرت عضلانی زنان سالمند را بررسی کردند. این مطالعه روی ۵۰ زن سالمند ۶۰-۶۶ ساله انجام شد. نتایج نشان داد تمرینات مقاومتی اندام تحتانی با باند الاستیک باعث بهبود تعادل ایستا، پویا و قدرت عضلانی می‌شود. نتایج این تحقیقات همسو با تحقیق حاضر است (۳۴). شرینگتون و همکاران (۲۰۲۰) بر اساس یک مطالعه سیستماتیک مروری شاخص جلوگیری از افتادن افراد مسن را مورد بررسی قرار داد و نتایج آن‌ها نشان داد ورزش میزان سقوط را تا ۲۳ درصد کاهش می‌دهد. در مقایسه با تمرینات کنترلی، تعادلی و عملکردی میزان زمین خوردن را تا ۲۴ درصد کاهش می‌دهد، چندین نوع

نقطه زمانی در طول استراحت در بستر و تا ۱ سال پس از آن اندازه‌گیری کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که ورزش در برابر تحلیل استخوان در حالت استراحت و بستر باعث استخوان‌سازی بیشتر می‌شود (۲۲). جانیک و همکاران (۲۰۱۸) اثرات فعالیت بدنی را بر غلظت اسکلروستین بر روی ۵۰ زن سالمند با تشخیص استئوپنی بررسی کردند. برنامه تمرینی آن‌ها شامل تمرین تناوبی روی دوچرخه ارگومتر به مدت ۱۲ هفته بود. همه بیماران مکمل کلسیم و ویتامین D₃ را یک بار در روز دریافت کردند. نتایج نشان داد که غلظت استئوکلسین افزایش یافت، سطح اسکلروستین کاهش یافت (۲۳). بوکسور و همکاران (۲۰۲۵) در مطالعه‌ای نشان دادند که پاسخ این مهارکننده (DKK1) به تمرین می‌تواند وابسته به نوع و مدت مداخله باشد. در حالی که تمرینات حاد یا بسیار پر فشار ممکن است افزایش گذرای در DKK1 ایجاد کنند، مداخلات تمرینی مزمن به ویژه تمرینات مقاومتی، با کاهش بیان DKK1 و بهبود شاخص‌های استخوانی همراه بودند. این تفاوت می‌تواند ناهمخوانی برخی از نتایج پیشین را توضیح دهد (۲۴). اما بر خلاف یافته‌های پژوهش حاضر، گومبوس و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای اثر حاد تمرین مقاومتی و پیاده‌روی را بر نشانگرهای متابولیسم استخوان و غلظت اسکلروستین سرم در ۱۵۰ زن سالمند با توده استخوانی پایین (استئوپنی) بررسی کردند؛ نتایج آن‌ها نشان داد که سطوح اسکلروستین افزایش یافت (۲۵). از دلایل مغایرت نتایج این مطالعه با پژوهش حاضر، احتمالاً سنجش کوتاه مدت شاخص‌ها مدنظر است.

شواهد جمع‌آوری شده که عمدتاً بر تعامل بین مسیرهای سیگنالینگ در پوکی استخوان متمرکز شده است، نقش مهمی را برای مسیر سیگنالینگ Wnt در پاتوژنز پوکی استخوان نشان می‌دهد؛ بنابراین، مسیر سیگنالینگ Wnt یک هدف بالقوه برای پوکی استخوان در نظر گرفته شده است (۲۶). همچنین مسیر سیگنالینگ Wnt نقش اساسی در تمایز و فعالیت سلول‌های مربوط به متابولیسم استخوان دارد. مسیر سیگنالینگ Wnt توسط انواع مختلف پروتئین‌های ترشح شده مهار می‌شود، از جمله این پروتئین‌ها DKK-1 را می‌توان نام برد. از پروتئین‌های دیگر مهارکننده مسیر Wnt، اسکلروستین است. اسکلروستین، یک گلیکوپروتئین ۲۲ کیلو دالتونی تولید شده توسط ژن SOST است. بیان فیزیولوژیکی اسکلروستین پس از زایمان به استئوسیت‌ها، سیمانوسیت‌ها و سلول‌های غضروفی محدود می‌شود. با مهار مسیر طبیعی Wnt در استئوبلاست‌ها، اسکلروستین تشکیل استخوان را کاهش می‌دهد. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که

ورزش (معمولاً تمرینات تعادلی و عملکردی به همراه تمرینات مقاومتی) احتمالاً میزان زمین خوردن را تا ۳۴٪ کاهش می‌دهد (۳۵). بنی هاشمی و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای به بررسی تطبیقی تأثیر تمرینات هوازی و مقاومتی بر تعادل ایستا و پویا مردان سالمند پرداختند. نتایج آن‌ها ارتباط آماری معناداری را بین هشت هفته تمرین هوازی و مقاومتی بر تعادل ایستا و پویا در افراد مسن مرد نشان نداد (۳۶). همچنین نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های پژوهشی عرفانیان و همکاران (۲۰۱۶) و مهدوی و همکاران (۲۰۱۲) هم‌خوانی نداشتند (۲۷-۲۸). دلیل این امر می‌تواند مربوط به تفاوت بین نوع تمرینات، ابزار تمرینی، شدت، مدت و معیارهای انتخاب شرکت‌کنندگان و جنسیت آزمودنی‌ها باشد. وجه تمایز تحقیق حاضر استفاده از شیوه تمرینات تاباتا بود. بنابراین، افزایش تعادل در اثر تمرینات قدرتی می‌تواند نتیجه افزایش احتمالی قدرت عضلات اندام تحتانی (زانو و مچ پا) آزمودنی‌ها باشد. احتمالاً انجام تمرینات مقاومتی موجب فراخوانی راحت‌تر واحدهای حرکتی تند انقباض و افزایش هماهنگی عضلات شده است (۳۷-۳۸). همچنین با توجه به نظریه‌ی استراتژی فعال‌سازی عضلات برای حفظ تعادل، می‌توان انتظار تغییر استراتژی لگنی را به مچ پا داشت. برای بررسی درست بودن این دلیل نیاز به بررسی تغییرات عضلانی بعد از تمرینات با استفاده از ثبت فعالیت عضلات با استفاده از دستگاه الکترومیوگرافی است که از محدودیت‌های تحقیق حاضر است. احتمالاً افزایش قدرت و ثبات ناحیه مرکزی در تمرین تاباتا موجب بهبود تعادل افراد شده است. بر اساس اصول فیزیولوژی تمرین، سازگاری نسبت به تمرین استفاده از تمرینات کوتاه شونده در مقایسه با تمرینات هم طول به دلیل ایجاد تغییر طول عضله زودتر رخ می‌دهد. در حالی که در تمرینات هم طول چون طول عضله حین تمرین تقریباً ثابت می‌ماند، زمان بیشتری برای اثرگذاری (هایپرتروفی) است (۳۹). بوچ و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی تأثیر تمرین‌های مقاومتی دایره‌ای بر قدرت عضلانی افراد سالمند و میانسال پرداختند. نتایج نشان داد که قدرت و استقامت بالاتنه ۱/۱۴ کیلوگرم افزایش یافت؛ در حالی که افزایش بیشتر به میزان ۱۱/۹۹ کیلوگرم در قدرت و استقامت پایین‌تنه مشاهده شد. همچنین، افزایش حجم تمرین‌ها به میزان بیشتر از ۲۴ جلسه بر قدرت بالاتنه و ظرفیت هوازی تأثیر مثبت گذاشت (۴۰).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد ۱۰ هفته تمرینات تاباتا منجر به افزایش قدرت اندام تحتانی (نشستن و برخاستن)، قدرت اندام فوقانی (خم و باز کردن بازو) و همچنین منجر به بهبود استقامت هوازی (۲ دقیقه گام‌برداری) آزمودنی‌ها می‌شود. گرجیک و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای تأثیر تمرینات مقاومتی بر اندازه و قدرت عضلانی در افراد بسیار مسن را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که افراد بسیار مسن می‌توانند با شرکت در برنامه‌های

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده، شاید بتوان گفت که استفاده از تمرینات مقاومتی تاباتا می‌تواند اثرات مطلوبی بر شاخص‌های ترکیب بدن، شاخص‌های تعادلی، شاخص‌های آمادگی جسمانی (شامل استقامت بالاتنه، استقامت پایین‌تنه، شاخص گام برداشتن) و کاهش عوامل مؤثر بر کاهش تراکم استخوان (ژن‌های DKK1 و SOST) می‌شود. اجرای تحقیقات تکمیلی با روش‌های تمرینی متفاوت برای دستیابی به نتایج مطمئن‌تر لازم است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از کلیه دست‌اندرکاران انجام این پژوهش تشکر می‌نمایند.

تعارض منافع

بین نویسندگان این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافی وجود ندارد.

منابع

1. Curtis EM, van der Velde R, Moon RJ, van den Bergh JPW, Geusens P, de Vries F et al. Epidemiology of fractures in the United Kingdom 1988–2012: variation with age, sex, geography, ethnicity and socioeconomic status. *Bone*. 2016;87:19–26. doi:10.1016/j.bone.2016.03.006.
2. Lin X, Li H. Obesity: epidemiology, pathophysiology, and therapeutics. *Frontiers in Endocrinology*. 2021;12:706978. doi:10.3389/fendo.2021.706978.
3. Osoba MY, Rao AK, Agrawal SK, Lalwani AK. Balance and gait in the elderly: a contemporary review. *Laryngoscope Investigative Otolaryngology*. 2019;4(1):143–153. doi:10.1002/lio2.252.
4. Villa-Forte A. Effects of aging on the musculoskeletal system. In: MSD Manual Professional Version. Cleveland Clinic; Reviewed/Revised Jan 2025. Available from: <https://www.msmanuals.com>
5. Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet*. 2014;384(9945):766–781. doi:10.1016/S0140-6736(14)60460-8.
6. Yavropoulou MP, van Lierop AH, Hamdy NAT, Rizzoli R, Papapoulos SE. Serum sclerostin levels in Paget's disease and prostate cancer with bone metastases with a wide range of bone turnover. *Bone*. 2012;51(1):153–157. doi:10.1016/j.bone.2012.04.016.
7. Chen L, Gao G, Shen L, Yue H, Zhang G, Zhang Z. Serum sclerostin and its association with bone turnover marker in metabolic bone diseases. *Disease Markers*. 2022;2022:7902046. doi:10.1155/2022/7902046.
8. Zhang L, Zheng YL, Wang R, Wang XQ, Zhang H. Exercise for osteoporosis: pathology and mechanism. *Frontiers in Immunology*. 2022;13:1005665. doi:10.3389/fimmu.2022.1005665.
9. Kong J, Li Z, Zhu L, Li L, Chen S. Comparison of blood flow restriction training and conventional resistance training for the improvement of sarcopenia in the older adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine and Health Science*. 2023;5(4):269–276. doi:10.1016/j.smhs.2022.12.002.
10. Watson SL, Weeks BK, Weis LJ, Harding AT, Horan SA, Beck BR. High-intensity resistance and impact training improves bone mineral density and physical function in postmenopausal women with osteopenia and osteoporosis: the LIFTMOR randomized controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2018;33(2):211–220. doi:10.1002/jbmr.3284.
11. Tabata I, Nishimura K, Kouzaki M, Hirai Y, Ogita F, Miyachi M et al. Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO₂max. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1996;28(10):1327–1330. doi:10.1097/00005768-199610000-00018.
12. Rami M, Azimpour M, Khoramipour K. The effect of 8 weeks of high intensity interval training on the levels of Wnt and NF-κB proteins in the heart tissue of male Wistar rats with type 2 diabetes. *Journal of Sport and Exercise Physiology*. 2022;15(4):19–30. doi:10.52547/joeppa.15.4.19. [In Persian]
13. Sharma-Ghimire P, Chen Z, Sherk V, Bembem M, Bembem D. Sclerostin and parathyroid hormone responses to acute whole-body vibration and resistance exercise in young women. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*. 2019;37:358–367. doi:10.1007/s00774-018-0933-0.
14. Dror N, Carbone J, Haddad F, Falk B, Klentrou P, Radom-Aizik S. Sclerostin and bone turnover markers response to cycling and running at the same moderate-to-vigorous exercise intensity in healthy men. *Journal of Endocrinological Investigation*. 2022;45(2):391–397. doi:10.1007/s40618-021-01659-5.
15. Mafi F, Biglari S, Afousi AG, Gaeini AA. Improvement in skeletal muscle strength and plasma levels of follistatin and myostatin induced by an 8-week resistance training and epicatechin supplementation in sarcopenic older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*. 2019;27(3):384–391. doi:10.1123/japa.2017-0389.
16. Hinton PS, Nigh P, Thyfault J. Serum sclerostin decreases following 12 months of resistance- or jump-training in men with low bone mass. *Bone*. 2017;96:85–90. doi:10.1016/j.bone.2016.10.011.
17. Rikli RE, Jones CJ. Senior Fitness Test Manual. 2nd ed. Champaign: Human Kinetics; 2013.
18. Jeoung BJ, Lee YC. A study of relationship between frailty and physical performance in elderly women. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 2015;11(4):215–219. doi:10.12965/jer.150223.
19. Ho HH, Fang IY, Yu YC, Huang YP, Kuo IL, Wang LT et al. Is functional fitness performance a useful predictor of risk of falls among community-dwelling older adults? *Archives of Public Health*. 2021;79:108. doi:10.1186/s13690-021-00608-1.

20. Su N, Yang J, Xie Y, Du X, Chen H, Zhou H et al. Bone function, dysfunction and its role in diseases including critical illness. *International Journal of Biological Sciences*. 2019;15(4):776–787. doi:10.7150/ijbs.27063.
21. Asada N, Sato M, Katayama Y. Communication of bone cells with hematopoiesis, immunity and energy metabolism. *BoneKEy Reports*. 2015;4:748. doi:10.1038/bonekey.2015.117.
22. Belavý DL, Baecker N, Armbrrecht G, Beller G, Buehlmeier J, Frings-Meuthen P et al. Serum sclerostin and DKK1 in relation to exercise against bone loss in experimental bed rest. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*. 2016;34(3):354–365. doi:10.1007/s00774-015-0681-3.
23. Janik M, Stuss M, Michalska-Kasiczak M, Jegier A, Sewerynek E. Effects of physical activity on sclerostin concentrations. *Endokrynologia Polska*. 2018;69(2):142–149. doi:10.5603/EP.a2018.0008.
24. Boxer B, Zhang Z, Folland JP, Eastell R, Gossiel F, Caliskan O, Brooke-Wavell K. Acute effect of impact and resistance exercise on Wnt signaling modulators, bone and cartilage metabolism. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2025;zjaf128. doi:10.1093/jbmr/zjaf128.
25. Gombos GC, Bajsz V, Pék E, Schmidt B, Sió E, Molics B et al. Direct effects of physical training on markers of bone metabolism and serum sclerostin concentrations in older adults with low bone mass. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2016;17:254. doi:10.1186/s12891-016-1109-5.
26. Wang Y, Hu J, Sun L, Zhou B, Lin X, Zhang Q et al. Correlation of serum DKK1 level with skeletal phenotype in children with osteogenesis imperfecta. *Journal of Endocrinological Investigation*. 2024;47(11):2785–2795. doi:10.1007/s40618-024-02380-9.
27. Suen PK, Qin L. Sclerostin, an emerging therapeutic target for treating osteoporosis and osteoporotic fracture: a general review. *Journal of Orthopaedic Translation*. 2016;4:1–13. doi:10.1016/j.jot.2015.08.004.
28. Chapurlat RD, Confavreux CB. Novel biological markers of bone: from bone metabolism to bone physiology. *Rheumatology*. 2016;55(10):1714–1725. doi:10.1093/rheumatology/kev410.
29. Lu Y, Wiltshire HD, Baker JS, Wang Q, Ying S. The effect of Tabata-style functional high-intensity interval training on cardiometabolic health and physical activity in female university students. *Frontiers in Physiology*. 2023;14:1095315. doi:10.3389/fphys.2023.1095315.
30. Li X, Zhang Y, Kang H, Liu W, Liu P, Zhang J, Harris SE, Wu D. Sclerostin binds to LRP5/6 and antagonizes canonical Wnt signaling. *Journal of Biological Chemistry*. 2005;280(20):19883–19887. doi:10.1074/jbc.M413274200.
31. Lee K, Lee YW. Efficacy of ankle control balance training on postural balance and gait ability in community-dwelling older adults: a single-blinded, randomized clinical trial. *Journal of Physical Therapy Science*. 2017;29(9):1590–1595. doi:10.1589/jpts.29.1590.
32. Marques EA, Figueiredo P, Harris TB, Wanderley FA, Carvalho J. Can resistance and aerobic training improve body composition and physical fitness in older women? *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2017;68:106–112. doi:10.1016/j.archger.2016.09.008.
33. Prata MG, Scheicher ME. Effects of strength and balance training on the mobility, fear of falling and grip strength of elderly female fallers. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2015;19(4):646–650. doi:10.1016/j.jbmt.2014.11.013.
34. Yu W, An C, Kang H. Effects of resistance exercise using Thera-band on balance of elderly adults: a randomized controlled trial. *Journal of Physical Therapy Science*. 2013;25(11):1471–1473. doi:10.1589/jpts.25.1471.
35. Vafaenasab MR, Kuchakinejad Meybodi N, Fallah HR, Morowatisharifabad MA, Namayandeh SM, Beigomi A. The effect of lower limb resistance exercise with elastic band on balance, walking speed, and muscle strength in elderly women. *Elderly Health Journal*. 2019;5(1):58–64. doi:10.18502/ehj.v5i1.1201.
36. Sherrington C, Fairhall N, Kwok W, Wallbank G, Tiedemann A, Michaleff ZA et al. Evidence on physical activity and falls prevention for people aged 65+ years: systematic review to inform the WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2020;17(1):144. doi:10.1186/s12966-020-01041-3.
37. Banihashemi EM, Sharifi G, Zakavi I, Babaei Mazreno A. Comparative study of the effect of aerobic and resistance exercise on static and dynamic balance in elderly males. *Elderly Health Journal*. 2015;1(1):12–15.
38. Hess JA, Woollacott M. Effect of high-intensity strength-training on functional measures of balance ability in balance-impaired older adults. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. 2005;28(8):582–590. doi:10.1016/j.jmpt.2005.08.013.

39. Zarei H, Norasteh A, Koohboomi M. Effect of combined training (strength and stretching) on balance, risk of falling, and quality of life in the elderly. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2017;7(2):201–208. doi:10.22037/jrm.2017.110651.1433. **[In Persian]**
40. Buch A, Kis O, Carmeli E, Keinan-Boker L, Berner Y, Barer Y et al. Circuit resistance training is an effective means to enhance muscle strength in older and middle aged adults: a systematic review and meta-analysis. *Ageing Research Reviews*. 2017;37:16–27. doi:10.1016/j.arr.2017.04.003.
41. Grgic J, Garofolini A, Orazem J, Sabol F, Schoenfeld BJ, Pedisic Z. Effects of resistance training on muscle size and strength in very elderly adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Sports Medicine*. 2020;50(11):1983–1999. doi:10.1007/s40279-020-01331-7.
42. Jiang G, Wu X. Effects of resistance training combined with balance training on physical function among older adults: a protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open*. 2022;12(10):e062486. doi:10.1136/bmjopen-2022-062486.
43. Rogers ME, Rogers NL, Takeshima N, Islam MM. Methods to assess and improve the physical parameters associated with fall risk in older adults. *Preventive Medicine*. 2003;36(3):255–264. doi:10.1016/s0091-7435(02)00028-2