Research in Sport Medicine and Technology, Volume 13 - Issue 25 / 2023

Research in Sport Medicine and Technology

Print ISSN: 2252 - 0708 Online ISSN: 2588 - 3925

Homepage: https://jsmt.khu.ac.ir

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.25.11.5]

[DOI: 10.61186/jsmt.21.25.147]

The Effect of 12 Weeks of Resistance Training, Total Body Vibration and Combination on Serum Vitamin D Concentration, Bone Mineral Density and Functional Indices in Elderly Men with Osteoporosis: A Randomized Controlled Trial

Kourosh Dehghan [1]| Khosro Jalali Dehkordi [2]| Farzaneh Taghian [3]| Mehdi Kargarfard[4]| Bahram Abedi[5]

1. Ph.D Student, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
2. Ph.D, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
3. Ph.D, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
4. Ph.D, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
5. Ph.D, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

corresponding author: **Khosro Jalali Dehkordi,** khosrojalali@gmail.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article history:
Received: May 20, 2023
Revised: June 1, 2023
Accepted: July 18, 2023

Keywords:
Osteoporosis, Bone Mineral Density, Body Composition, Hydroxyvitamin D3, Circular Resistance Training, Whole Body Vibration, Elderly

How to Cite:
Dehghan, Jalali Dehkordi, Taghian, Kargarfard, Abedi. The Effect of 12 Weeks of Resistance Training, Total Body Vibration and Combination on Serum Vitamin D Concentration, Bone Mineral Density and Functional Indices in Elderly Men with Osteoporosis: A Randomized Controlled Trial. Research In Sport Medicine and *Technology*, 2023: 13(25):147-167

ABSTRACT

Osteoporosis is the most common metabolic bone disease, and various factors such as low body mass index and lack of physical activity are involved in the occurrence of this disease. The aim of this study was to evaluate the effect of circular resistance exercises, whole body vibration and their combination on 25-hydroxyvitamin D, bone mineral density and functional factors in elderly people with osteoporosis. In a randomized controlled experiment with a pre-test-post-test design, 60 elderly men with osteoporosis with an age range of 65-78 years were randomly divided into four exercise groups: Circular resistance training (CRT, n=15), whole body vibration training (WBVT, n=15), combined (CRT + WBVT, n=15), and control (n=15). CRT with an intensity of 30 to 60% of the maximum repetition strength (1RM) was performed 3 times a week for 12 weeks. WBVT were performed in the form of 10 combined lower body and upper body movements with a frequency intensity between 25 to 45 Hz, an amplitude of 5 to 8 mm, and a time of each movement of 60 to 100 seconds, While the control group maintained their usual lifestyle. Body composition variables include; Fat-free weight (LBM), soft tissue weight (SLM) and skeletal muscle weight (SMM) using Body Composition Analyzer, bone density measurement using DEXA test and 25-hydroxyvitamin D3 before and after the last training sessions. Data analysis was done by using paired sample t-test and analyze of covariance (ANCOVA) at a level less than 0.05. After 12 weeks of intervention, a significant improvement in BMD, balance, coordination, muscle strength, lean weight and skeletal muscle weight was observed after CRT and CRT + WBVT exercises in comparison with the control group. However, no significant differences were observed between the groups in the variables of weight, body mass index, lean weight, soft tissue weight, skeletal muscle weight (SMM), BMD, balance, hydroxyvitamin D3 (p> 0.05). The findings of the current research show that performing CRT, WBVT and CRT + WBV exercises as a non-pharmacological treatment method can cause a significant increase in bone density and functional indicators of elderly men and has no effect on the hormonal indicators of elderly men with osteoporosis. Further studies with long-term follow-up should be considered to confirm these findings.

Published by Kharazmi University, Tehran, Iran. Copyright(c) The author(s) This is an open access article under e: CC BY-NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

پژوهش در طب ورزشی و فناوری

شاپا چاپی: ۰۷۰۸-۲۲۵۲ شاپا الکترونیکی: ۳۹۲۵-۲۵۸۸

Homepage: https://jsmt.khu.ac.ir

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.25.11.5]

[DOI: 10.61186/jsmt.21.25.147]

تاثیر ۱۲ هفته تمرینات مقاومتی، ویبریشن کل بدن و ترکیبی بر غلظت سرمی ویتامین D، تراکم مواد معدنی استخوان و شاخص‌های عملکردی در مردان سالمند با پوکی استخوان: یک آزمایش کنترل شده تصادفی

کورش دهقان [۱] | خسرو جلالی دهکردی [۲*] | فرزانه تقیان [۳] | مهدی کارگر فرد [۴] | بهرام عابدی [۵]

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان(خوراسگان)، اصفهان، ایران

۲. دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان(خوراسگان)، اصفهان، ایران

۳. دانشیار،گروه فیزیولوژی ورزش، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان(خوراسگان)، اصفهان، ایران

٤. استاد،گروه فیزیولوژی دانشکده علوم ورزشی،دانشگاه اصفهان،اصفهان،ایران

۵. استاد،گروه فیزیولوژی ورزش، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

نویسنده مسئول: خسرو جلالی دهکردی: khosrojalali@gmail.com

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۴۰۲

تاریخ ویرایش: خرداد ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش: تیر ۱۴۰۲

واژه‌های کلیدی:

پوکی استخوان، تراکم مواد معدنی استخوان، ترکیب بدن، هیدروکسی ویتامین D3، تمرین مقاومتی دایره‌ای، ویبریشن کل بدن، سالمند

ارجاع: دهقان، جلالی دهکردی، تقیان، کارگر فرد و عابدی. تاثیر ۱۲ هفته تمرینات مقاومتی، ویبریشن کل بدن و ترکیبی بر غلظت سرمی ویتامین D، تراکم مواد معدنی استخوان و شاخص های عملکردی در مردان سالمند با پوکی استخوان: یک آزمایش کنترل شده تصادفی. پژوهش در طب ورزشی و فناوری.۱۳،۱۴۰۲(۲۵):۱۶۷-۱۴۷

چکیده

پوکی استخوان رایج ترین بیماری متابولیکی استخوان است که عوامل مختلفی مانند شاخص پایین توده بدن و عدم فعالیت جسمانی در بروز این بیماری دخالت دارند. هدف از مطالعه حاضر، ارزیابی تاثیر تمرینات مقاومتی دایره‌ای، ویبریشن کل بدن و ترکیبی بر غلظت سرمی ویتامینD، تراکم مواد معدنی و شاخص های عملکردی در مردان سالمند مبتلا به پوکی استخوان بود. در یک آزمایش کنترل شده تصادفی با طرح پیش آزمون پس آزمون، تعداد ۶۰ نفر مرد سالمند مبتلا به پوکی استخوان با دامنه سنی ۷۸-۶۵ سال به صورت تصادفی به چهار گروه تمرین مقاومتی دایره‌ای (۱۵ نفر)، ویبریشن کل بدن (۱۵ نفر)، ترکیبی (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) تقسیم شدند. تمرین مقاومتی دایره‌ای با شدت ۳۰ تا ۶۰٪ یک تکرار بیشینه، ۳ بار در هفته برای ۱۲ هفته اجرا شد. تمرینات ویبریشن کل بدن (WBVT) به صورت ۱۰ حرکت ترکیبی پایین تنه و بالاتنه که روی دستگاه ویبریشن با شدت فرکانس بین ۲۵ تا ۴۵ هرتز، دامنه ۵ تا ۸ میلی متر و زمان هر حرکت ۶۰ تا ۱۰۰ ثانیه انجام گرفت. در حالی¬که گروه کنترل سبک زندگی معمول خود را حفظ کردند. متغیرهای ترکیب بدن شامل، وزن بدون چربی(LBM) ، وزن بافت نرم (SLM) و وزن عضله اسکلتی (SMM) با استفاده از دستگاهAnalyzer Body Composition ، سنجش تراکم استخوانی با استفاده از دستگاه DEXA و ۲۵- هیدروکسی ویتامین D3با استفاده از نمونه خون قبل و پس از آخرین جلسات تمرینی اندازه گیری شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون تی همبسته و کواریانس در سطح کمتر از ۰/۰۵ انجام شد. پس از ۱۲ هفته مداخله، بهبود معناداری در سطوحBMD ، تعادل، هماهنگی، قدرت عضلانی، وزن بدون چربی و وزن عضله اسکلتی متعاقب تمرین های مقاومتی دایره ای و ترکیبی در مقایسه با گروه کنترل مشاهده شد. با این حال، هیچ گونه تفاوت معناداری بین گروه ها در متغیرهای وزن، شاخص توده بدنی، وزن بدون چربی، وزن بافت نرم، وزن عضله اسکلتی(SMM) ، BMD، تعادل، هیدروکسی ویتامین D3 مشاهده نشد (p>). ۰/۰۵ . یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد انجام تمرینات مقاومتی دایره ای، ویبرشن و ترکیبی به عنوان یک روش درمانی غیر دارویی می تواند سبب افزایش قابل توجهی در تراکم استخوانی و شاخص های عملکردی مردان سالمند شود ولی تاثیری بر شاخص های هورمونی مردان سالمند مبتلا به پوکی استخوان ندارد، مطالعات بیشتر با پیگیری طولانی مدت برای تایید این یافته ها باید مورد توجه قرار گیرد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.25.11.5]

[DOI: 10.61186/jsmt.21.25.147]

مقدمه

روند پیری جمعیت در سرتاسر جهان به سرعت در حال افزایش است، بطوری‌که از ٤٦١ میلیون نفر بالای ٦٥ سال در سال ۲۰۰٤ به حدود ۲ میلیارد نفر تا سال ۲۰۵۰ می‌رسد که احتمالاً پوکی استخوان در این جمعیت بیش از پیش به یکی از بیماری‌های سالمندان تبدیل می‌شود (۱). سالمندی دوران حساسی از زندگی بشر است که توجه به مسائل و نیازهای خاص این مرحله از جمله کیفیت زندگی یک ضرورت اجتماعی محسوب می‌شود (۲). تغییرات در فیزیولوژی بدن مانند عوامل تنش‌زا، میتوکندری رو به زوال، بدشکلی پاسچر بدن، کاهش ترشح هورمون‌ها و کل انرژی مصرفی نیز ممکن است باعث بدتر شدن اندام در این دوران شود که در نهایت، این فرایندها باعث آسیب تدریجی سلول‌های عصبی، کاهش تراکم استخوان، کاهش توده و قدرت عضلانی می‌شود (۳). همانطور که سارکوپنی در پیامدهای نامطلوب نقش دارند، برنامه‌های ورزشی در پیشگیری از دست دادن توده عضلانی، قدرت و عملکرد مطلوب است. چندین مطالعه، فعالیت بدنی منظم را به عنوان ابزاری تأثیرگذار برای جلوگیری از تأثیرات پیری (٤) و بهبود سلامت استخوان (۵) پیشنهاد داده‌اند. با توجه به شیوع بی‌تحرکی در افراد سالمند و کاهش سطح فعالیت بدنی آن‌ها با افزایش سن، گزینش روش‌ها یا الگوهای تمرینی برای سلامتی جامعه سالمندی حائز اهمیت است. یکی از این روش‌های تمرینی، تمرین مقاومتی دایره‌ای است. بر اساس گزارش‌های تحقیقاتی، تمرین مقاومتی نویدبخش بهبود عملکرد بدنی و عضلانی در افراد مسن است (۵-٤). تمرین مقاومتی، باعث هایپرتروفی، افزایش قدرت عضلات، بالابردن استقامت قلبی عروقی و عضلانی، افزایش تعادل، انعطاف پذیری، و چربی سوزی شده است و نقش آن در بهبود کیفیت زندگی سالمندان و شیوه عملکردی آن‌ها تأیید شده‌است. اما روش، مدت، نوع تمرین و چگونگی اجرای آن مورد سؤال است (٦). کیت سودا و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که تمرینات مقاومتی با شدت بالا باعث افزایش تراکم استخوانی در مبتلایان به پوکی استخوان شود (۷). تمرین مقاومتی (از نوع دایره‌ای) با شدت بالا می‌تواند یک محرک قوی برای استخوان حتی در سنین بالاتر باشد. بطوری‌که با افزایش شدت فعالیت ورزشی میزان کاهش خطر افتادن به دلیل تقویت قدرت و تعادل عضلانی، هموستاز بدن را دچار دگرگونی می‌کند، سطح واسطه‌های گردش خون و هورمون‌ها را تغییر می‌دهد و تقاضای عضلات اسکلتی و سایر اندام‌های حیاتی را برای بسترهای انرژی افزایش می‌دهد. گسترش نرمال اسکلت استخوانی بدن تحت شرایط عملکرد صحیح سیستم اندوکرین[1]قرار دارد. مهم‌ترین هورمون‌هایی که در فرایند بازسازی استخوان نقش دارند: هورمون‌های تیروئیدی، هورمون‌های پاراتیروئیدی (PTH)، کلسی تونین، آندروژن‌ها، استروژن‌ها، انسولین، گلوکوکورتیکوئیدها، هورمون رشد و ۲۵- هیدروکسی ویتامین D، هستند (۸) که هورمون

1. Endocrin

پاراتیروئید و ۲۵- هیدروکسی ویتامین D، مواد موثرتری برای درمان استئوپروزیس و تراکم استخوانی دارند (۹). فعالیت ورزشی همچنین بر متابولیسم استخوان و مواد معدنی، به‌ویژه کلسیم و فسفات نیز تأثیر می‌گذارد، که هر دو برای انقباض عضله، سیگنالینگ عصبی عضلانی، بیوسنتز آدنوزین تری فسفات (ATP) و سایر بسترهای انرژی ضروری هستند. هورمون پاراتیروئید (PTH) در تنظیم هموستاز کلسیم و فسفات نقش دارد (۱۰). غلظت یون کلسیم در مایع خارج سلولی به وسیله ۲۵- هیدروکسی ویتامین D و دو هورمون پاراتیروئید و کلسی تونین به طور جداگانه کنترل می‌شود. ارتعاش کل بدن (WBVT) به عنوان یک تمرین ورزشی جدید برای (OP)، می‌تواند مواد معدنی استخوان را بهبود بخشد (۱۱).

WBVT یک برنامه تمرینی است که با استفاده از یک سکوی ارتعاشی انجام می‌شود. این ارتعاش‌ها انتهای اولیه دوک‌های عضلانی را تحریک کرده و در نتیجه نورون‌های حرکتی را فعال می‌کنند که شبیه به رفلکس ارتعاش تونیک، باعث انقباض عضلانی می‌شوند. بنابراین، WBVT اثرات مثبتی بر عملکرد عضلات و حفظ استحکام استخوان با افزایش قدرت عضلانی و بهبود کیفیت عملکردهای عصبی عضلانی دارد (٦). WBVT ممکن است بر سطوح هورمون رشد، ۲۵- هیدروکسی ویتامین D، هورمون پاراتیروئید و تستوسترون در سرم تأثیر بگذارد و از سارکوپنی و پوکی استخوان جلوگیری کند (۱۲). مطالعات قبلی نشان داده‌اند که پاسخ‌های اسکلتی به WBVT مشابه واکنش‌های فعالیت ورزشی از طریق فرآیند انتقال مکانیکی است (۱۳). برای مقابله با از دست دادن استخوان، افزودن ویبریشن تمام بدن به فعالیت ورزشی مقاومتی با بار بالا مشخص شده‌است که در مردان سالمند مؤثر است (١٤، ١٥). مطالعات HR-pQCT نشان داد که، ترکیبی از ارتعاش و فعالیت مقاومتی باعث حفظ پارامترهای قشر مغزی و ترابکولار نسبت به فعالیت ورزشی مقاومتی به تنهایی می‌شود (١٦). محققان مشاهده کرده‌اند که تمرینات ترکیبی به طور معناداری در BMD نواحی مختلف بدن سالمندان اثرگذار است و این افزایش به همراه هورمون درمانی و مصرف کلسیم و۲۵- هیدروکسی ویتامین D کافی بیشتر می‌باشد (۱۷). با آگاهی از اثر مثبت فعالیت‌های ورزشی ترکیبی بر سلامت سالمندان، درک اثر فعالیت ورزشی ترکیبی بر قدرت و شاخص‌های عملکردی سالمندان از اهمیت زیادی برخوردار است (۱۸, ۱۹, ۲۰). تمرین ترکیبی با مکانسیم‌های مختلف باعث افزایش قدرت از طریق افزایش سطح مقطع عرضی عضله، سرعت انقباض و قدرت در هر دو نوع تار عضلانی سریع و آهسته شود که از جمله مهم‌ترین آن‌ها سازگاری‌های ایجاد شده از طریق سیستم عصبی و عضلانی می‌باشد (۲۱). بیلیندا و همکاران (۲۰۲۲)، اثربخشی ترکیب ویبرشن و تمرین مقاومتی بر ارتقاء سلامتی و بهبود ریسک فاکتورهای پوکی استخوان را تأیید کرده‌اند (۲۲، ۲۳, ۲٤, ۲۵). با توجه به این- که، اثربخشی ترکیب تمرینی مقاومتی و ویبریشن کل بدن بر تراکم استخوانی و هورمونی سالمندان کمتر مورد توجه

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.25.11.5]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.25.147]

بوده‌است، بنابراین، انجام این تحقیق نشان خواهد داد که تمرینات مربوطه چگونه و چه مقدار بر برخی از غلظت‌های سرمی همچون ۲۵- هیدروکسی ویتامین D، تراکم مواد معدنی استخوان (BMD) و شاخص‌های عملکردی بدن در مردان سالمند با پوکی استخوان تاثیر دارد و با بدست آوردن نتایج مثبت به ترویج این روش‌های تمرینی کمک می‌شود.

روش شناسی تحقیق

آزمودنی ها

این پژوهش از نوع تحقیق نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل بود. جامعه‌ی آماری پژوهش حاضر را مردان سالمند سنین ٦٥ تا ٧٥ سال مراجعه کننده به کانون بازنشستگان شهرستان شهرضا تشکیل می‌دادند. از بین مردان سالمند دچار پوکی استخوان مراجعه‌کننده به کانون بازنشستگان شهرستان شهرضا، تعداد ٦٠ بیمار مرد دچار بیماری پوکی استخوان به شکل هدفمند از بین داوطلبین واجد شرایط در این پژوهش انتخاب گردید. معیارهای ورود به پژوهش شامل موارد: ١) ابتلاء به بیماری پوکی استخوان که حداقل ٥-٣ سال از زمان تشخیص آن گذشته باشد و تشخیص بیماری آن‌ها نیز بر اساس معاینات بدنی و آزمایش DEXA به وسیله پزشک متخصص تأیید شده باشد. ٢) جنسیت مرد با دامنه سنی ٧٥-٦٥ سال؛ ٣) عدم ابتلاء به بیماری‌های قلبی عروقی، تنفسی، پوستی و عصبی عضلانی، ٤) توانایی شرکت منظم در جلسات تمرینی و ٥) عدم شرکت منظم در برنامه‌های بازتوانی و ورزشی دیگر به غیر از برنامه تجویز شده در پژوهش حاضر بود. معیارهای خروج از مطالعه نیز شامل موارد زیر بود: ١) غیبت بیش از ٥ جلسه در طول دوره ی تمرینی، ٢) عود بیماری در طول مطالعه، ٣) ابتلاء به بیمارهای خاص از قبیل بیماری‌های پوستی، کوید-١٩ و یا مشکلاتی که با شرکت کردن در مطالعه برای آن‌ها مضر باشد، ٤) عدم شرکت در جلسات آزمون‌گیری. لازم به ذکر است، همه شیوه‌های مداخله‌های درمانی و ورزشی توسط کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان با شناسه کد اخلاق ١٦٢٣٠٩١٥٢ مورد تأیید قرارگرفت.

پس از ارزیابی اولیه و تأیید بیماری پوکی استخوان بر اساس معاینات بدنی و آزمایش DEXA توسط پزشک متخصص، تعداد ٦٠ بیمار بر اساس نمره‌های پوکی استخوان بصورت هدفمند انتخاب شدند و سپس به صورت تصادفی ساده بر اساس جدول اعداد تصادفی در چهار گروه تمرینات مقاومتی دایره‌ای (١٥ نفر)، گروه تمرینات ویبریشن کل بدن (١٥ نفر)، گروه تمرینات ترکیبی (مقاومتی دایره‌ای و ویبریشن کل بدن) (١٥ نفر) و گروه کنترل (١٥ نفر) قرار گرفتند.

یک هفته قبل از اجرای پروتکل اصلی و ٢٤ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی متغیرهای مورد مطالعه از قبیل وزن، شاخص توده بدنی (BMI)، وزن بدون چربی (LBM)، وزن بافت نرم (SLM) و وزن عضله اسکلتی (SMM) با استفاده از دستگاه Analyzer Body Composition (مدل X-CONTACT 356 ساخت کمپانی Jawon Medical کره‌جنوبی با سه فرکانس ٥ و ٥٠ و ٢٥٠ کیلوهرتز)، سنجش تراکم استخوانی با استفاده از دستگاه DEXA (مارک DMS مدل STRATOS ساخت کشور فرانسه) به صورت خوابیدنی از دو قسمت مهره‌های کمری و لگن،

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.25.11.5]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.25.147]

ارزیابی تعادل با استفاده از آزمون برگ، قدرت بالاتنه با استفاده از آزمون خم کردن بازو، قدرت پایین تنه با استفاده از آزمون برخاستن از صندلی، مقادیر ۲۵- هیدروکسی ویتامین D و هورمون پاراتیروئید خون از هر چهار گروه اندازه-گیری و ثبت شد. لازم به ذکر است، بعد از تکمیل رضایت‌نامه و پرسشنامه‌ی آگاهی‌های پزشکی- ورزشی و تشریح روند پژوهش، به آزمودنی‌ها توصیه شد که از هر گونه فعالیت بدنی شدید، مصرف دارو، مکمل غذایی، مصرف قهوه، چای، دخانیات، کاکائو تا ۴۸ ساعت قبل از انجام آزمون‌ها امتناع ورزند.

پروتکل برنامه تمرین

الف) پروتکل تمرین مقاومتی (دایره‌ای)

در جلسات ابتدایی، مربی در مورد برنامه‌ی کلاس و نحوه‌ی اجرای تمرینات، ویژگی‌های تمرینات با وزنه با آزمودنی‌ها صحبت و از آزمودنی‌ها خواسته شد در صورت احساس خستگی ویا ناتوانی و مواجه با هر مشکلی در داخل یا در فواصل بین جلسات تمرین، حتماً مورد را با مربی و پژوهشگر مطرح نمایند. بعد از حدود ۱۵ دقیقه صحبت، آزمودنی‌ها شروع به انجام حرکات زیر نظر مربی و برنامه تمرینی مورد نظر نمودند. در ادامه، نحوه هدایت برنامه به قرار زیر بود: ۱۲ جلسه‌ی اول ۴۵-۳۵ دقیقه و ۱۲ جلسه‌ی دوم ۶۰-۴۵ دقیقه و ۱۲ جلسه‌ی سوم ۷۵-۶۰ دقیقه بود که هر جلسه به ۳ مرحله‌ی زیر تقسیم می‌شد: ۱) مرحله‌ی گرم کردن حدود ۱۰ دقیقه به طول انجامید. در طول این مرحله آزمودنی‌ها با انجام حرکات ساده کششی و استفاده از دستگاه‌هایی همچون تردمیل، اسکی فضایی، دوچرخه و غیره بدن خود را جهت اجرای برنامه‌ی اصلی تمرین آماده می‌کردند. ۲) مرحله‌ی اصلی تمرین شامل ۲۰ الی ۵۰ دقیقه بود، در این مرحله تمرینات اصلی مربوط به تفکیک هر جلسه به ترتیب با شدت ۵۵-۳۰ درصد یک تکرار بیشینه (RM۱) تجویز و تمرین‌ها در ۱۰ حرکت پایین تنه و بالاتنه یک در میان و به صورت دایره‌ای که به ترتیب پرس پا با دستگاه، پرس سینه دستگاه، پشت ران دستگاه، باترفلای با دستگاه، حرکت دراز و نشست (انواع مختلف)، لت از جلو با دستگاه، سرشانه از جلو با دستگاه، پشت بازو ایستاده با دستگاه (سیم کش)، ساق پا نشسته با دستگاه، جلو بازو کابل با دستگاه روی شیب در دوازده هفته که هر هفته ۳ جلسه یک روز در میان و هر حرکت ۲۰-۱۲ تکرار انجام شد. ۱۲ جلسه اول یک دوره با ۴۵ ثانیه استراحت بین هر حرکت، ۱۲ جلسه دوم دو دوره با ۴۵ ثانیه استراحت بین هر حرکت و ۴-۳ دقیقه استراحت بین هر دوره ۱۲ جلسه سوم سه دور با ۶۰-۴۵ ثانیه استراحت بین هر حرکت و ۵-۴ دقیقه استراحت بین هر دور انجام شد. ۳) مرحله‌ی سرد کردن ۵ الی ۱۰ دقیقه بود که آزمودنی‌ها با انجام حرکات کششی، راه رفتن آرام و انجام حرکات ساده با شدت کم، سرد کردن را انجام می‌دادند. آزمودنی‌ها تمرینات منتخب مقاومتی (دایره‌ای) را با شدت‌های متفاوت در ساعات متفاوت ۱۰-۹ و ۱۱-۱۰ بر اساس اندازه‌گیری قدرت عضلات یک تکرار بیشینه هر یک از حرکات که در پیش‌آزمون بدان دست یافته بودند، انجام می‌دادند. در صورت هر گونه مشکل و یا سؤالی با مربی و مسئول مربوطه مشورت شد (۲۶, ۲۷).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.25.11.5]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.25.147]

ب) پروتکل تمرین ویبریشن کل بدن

در جلسات ابتدایی، بعد از حدود ۱۵ دقیقه صحبت توجیه آزمودنی‌ها مانند پروتکل تمرین مقاومتی، آزمودنی‌ها شروع به انجام برنامه تمرینی و حرکات مورد نظر، زیر نظر مربی نمودند. برنامه مورد نظر به شرح زیر بود:

٦ جلسه اول با شدت ضربه به بدن ٦، زمان هر حرکت ٦٠ ثانیه، فرکانس مربوطه ۲۵ هرتز و دامنه ۵ میلی متر و
٦ جلسه دوم با شدت ضربه به بدن ۸، زمان هر حرکت ٦٥ ثانیه، فرکانس مربوطه ۳۰ هرتز و دامنه ٦-۵ میلی متر و
۳ جلسه بعدی با شدت ضربه به بدن ۱۰، زمان هر حرکت ۷۰ ثانیه، فرکانس مربوطه ۳۰ هرتز و دامنه ٦ میلی متر و
۳ جلسه بعدی با شدت ضربه به بدن ۱۲، زمان هر حرکت۷۰ ثانیه، فرکانس مربوطه ۳۰ هرتز و دامنه ٦ میلی متر و
۳ جلسه بعدی با شدت ضربه به بدن ١٤، زمان هر حرکت ۷۵ ثانیه، فرکانس مربوطه ۳۵ هرتز و دامنه ۷ میلی متر و
٦ جلسه بعدی با شدت ضربه به بدن ١٦، زمان هر حرکت ۸۰-۷۵ ثانیه، فرکانس مربوطه ۳۵ هرتز و دامنه ۷ میلی متر و
٦ جلسه بعدی با شدت ضربه به بدن ۱۸، زمان هر حرکت ۹۰ ثانیه، فرکانس مربوطه ٤٠ هرتز و دامنه ۸ میلی متر و
۳ جلسه آخر با شدت ضربه به بدن ۲۰، زمان هر حرکت ۱۰۰ ثانیه، فرکانس مربوطه ٤٥ هرتز و دامنه ۸ میلی متر انجام شد.

هر جلسه تمرین به ۳ مرحله‌ی زیر تقسیم شد: ۱) مرحله‌ی گرم کردن۱۰ دقیقه بود. در طول این مرحله آزمودنی‌ها با انجام حرکات ساده کششی و استفاده از دستگاه‌هایی همچون تردمیل، اسکی فضایی، دوچرخه و غیره بدن خود را جهت اجرای برنامه‌ی اصلی تمرین آماده می‌کردند. ۲) مرحله‌ی اصلی تمرین که گروه تمرینات ویبریشن شامل ۱۰ حرکت ترکیبی پایین تنه و بالاتنه به ترتیب ایستادن روی دو کف پا، کف دست بر روی صفحه با آرنج صاف، خم شدن زانو، به حالت شنا با آرنج خم، ایستاده روی نوک دو پا، نشسته روی دستگاه وکشش به جلو، یک پا روی زمین و یک پا روی دستگاه، آرنج روی دستگاه و زانوی خم، به حالت اسکات با زانوهای خم، نشستن روی دستگاه انجام می‌گیرد. ۳) مرحله‌ی سرد کردن ۵ الی ۱۰ دقیقه بود که آزمودنی‌ها با انجام حرکات کششی، راه رفتن آرام و انجام حرکات ساده با شدت کم، سرد کردن را انجام می‌دادند. آزمودنی‌های تمرینات منتخب WBVT را با شدت‌های متفاوت در ساعات متفاوت ۱۰-۹ و ۱۱-۱۰ بر اساس ضربان قلب ذخیره‌ای که در پیش‌آزمون بدان دست یافته بودند، انجام می‌دادند. شدت ضربان قلب ذخیره بیشینه آزمودنی‌ها با استفاده از فرمول کارونن تعیین و همچنین از ضربان سنج پولار ساخت کشور فنلاند (Polar RS800cx) در طول دوره تمرین کنترل گردید (۲۲).

ج) پروتکل تمرین ترکیبی

برنامه تمرین ترکیبی نیز به مدت دوازده هفته، هر هفته ۳ جلسه بصورت یک روز در میان انجام شد. آزمودنی‌ها، ابتدا تمرینات مقاومتی دایره‌ای و سپس تمرینات ویبریشن کل بدن را بصورت انفرادی و با توجه به توانائی‌های فیزیولوژیکی آنان و بر اساس نتایج حاصل از آزمون اولیه در باشگاه ورزشی میلان شهرضا زیر نظر مربیان مجرب بدنسازی مربوطه انجام دادند. لازم به ذکر است، برنامه تمرین ترکیبی با مدت زمان دو برابر و شدت و حجم برابر و یکسان سایر تمرین

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.25.11.5]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.25.147]

های گروه‌ها بر روی آزمودنی‌ها اعمال شد. شدت تمرین نیز با استفاده از ضربان سنج پولار ساخت کشور فنلاند (Polar RS800cx) برای اعمال اصل اضافه بار و میزان پیشرفت در طول دوره مداخله کنترل گردید.

سنجش هورمون‌ها و آزمون های عملکردی

برای ارزیابی متغیر بیوشیمیایی پس از ۱۲ ساعت ناشتایی از تمامی آزمودنی ۱۰ سی‌سی خون سیاهرگی از ورید بازویی دست چپ گرفته شد. پس از جدا کردن سرم برای اندازه‌گیری عوامل بیوشیمیایی در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. نمونه‌گیری خونی از آزمودنی‌ها پس از ۱۰ تا ۱۲ ساعت ناشتایی ۲٤ ساعت پیش از اولین جلسه تمرین و ٤۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین (پایان هفتهٔ دوازدهم)، در ساعت ۸ تا ۱۰ صبح انجام گرفت. پیش از هر نوبت خون‌گیری، آزمودنی‌ها چند دقیقه در حالت نشسته به استراحت پرداختند، سپس از ورید بازویی دست چپ آن‌ها ۵ سی‌سی خون گرفته شد و داخل لوله‌های حاوی مادهٔ ضد انعقاد خون (EDTA) جمع آوری و بلافاصله به سرعت ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شرکت آلمانی با نام Eppendorf و با واحد دور در دقیقه (revolutions per minute (RPM یا relative centrifugal force (RCF) سنجیده شد و سرم به دست آمده تا زمان آزمایش در دمای ۸۰- درجهٔ سانتی‌گراد در فریزر نگهداری شد. سطوح هورمون‌های پاراتیروئید به روش الایزا با استفاده از کیت تحقیقاتی Parathyroid Hormone,Intact(pth)2nd Generation Test System شرکت IncMonobind ساخت کشور آمریکا مخصوص نمونه‌های انسانی و سطوح هورمون ۲۵-هیدروکسی ویتامین D به روش الایزا با استفاده از کیت تحقیقاتی۲۵-OH Vitamin D (TR) شرکت پیشتاز ساخت کشور ایران طبق دستورالعمل شرکت سازنده توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر شرکت Cecil Instruments Limited (مدل CE 7200، ساخت ایتالیا) در کلیه سنجش‌ها استفاده شد که بر اساس جذب نوری استاندارد صفر و منهای سه برابر انحراف معیار (SD) حداقل غلظت ۲۵-OH Vitamin D قابل تشخیص در این کیت 5/3 ng/ml می باشد و مقادیر کمتر از آن می‌بایست به صورت <5/3 ng/ml> گزارش می‌شود.

از تست برگ برای ارزیابی تعادل و آزمون خم کردن بازو برای قدرت بالا تنه و آزمون برخاستن از صندلی برای قدرت پایین تنه استفاده شد. متغیرهای ترکیب بدن نیز از قبیل، وزن، شاخص توده بدنی (BMI)، وزن بدون چربی (LBM)، وزن بافت نرم (SLM) و وزن عضله اسکلتی (SMM) با استفاده از دستگاه Analyzer Body Composition (مدل X-CONTACT 356 ساخت کمپانی Jawon Medical کره‌جنوبی با سه فرکانس ۵ و ۵۰ و ۲۵۰ کیلوهرتز)، و متغیرهای سنجش تراکم استخوانی (BMD) نیز با استفاده از دستگاه DEXA (مارک DMS مدل STRATOS ساخت کشور فرانسه) به صورت خوابیدنی از دو قسمت مهره‌های کمری و لگن از هر چهار گروه اندازه‌گیری و ثبت شد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.25.11.5]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.25.147]

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.25.11.5]

[DOI: 10.61186/jsmt.21.25.147]

روش آماری

پس از جمع آوری داده‌ها، برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها در حالت پایه از آزمون کلموگروف اسمیرنوف استفاده شد. در ادامه با توجه به اینکه اختلاف معنی‌داری بین متغیرهای مورد مطالعه در گروه‌های تمرین و کنترل قبل از شروع مطالعه با استفاده از آزمون تحلیل واریانس مشاهده نشد، برای تعیین اثرات ۱۲ هفته مطالعه بر متغیرهای وابسته در هر یک از گروه‌ها از آزمون t وابسته و برای مقایسه بین گروهی از تحلیل کوواریانس استفاده‌شد. کلیه‌ی عملیات آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه‌ی ۲۳ در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ ≥p مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

به منظور اطمینان از این که بین گروه‌های مورد مطالعه، تفاوت‌های اولیه ای از نظر ویژگی‌های بدنی وجود ندارد، گروه‌های مختلف تحقیق با استفاده از آزمون تحلیل واریانس مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج آزمون تحلیل واریانس نشان داد تفاوت آماری معنی‌داری در مقادیر سن، قد و وزن، BMI و درصد چربی در آغاز دوره مطالعه بین گروه‌های مختلف تحقیق وجود ندارد (P≥۰/۰۵) که این نشان‌دهنده همگنی گروه‌ها می باشد. پس از ۱۲ هفته مداخله، بهبود معناداری در سطوح BMD، متعاقب تمرین‌های مقاومتی دایره‌ای و ترکیبی در مقایسه با گروه کنترل مشاهده شد. با این حال، هیچ‌گونه تفاوت معناداری بین گروه‌های مداخله در متغیرهای وزن بدون چربی، وزن بافت نرم، وزن عضله اسکلتی (SMM) مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

جدول (۱) مقایسه ویژگی‌های بدنی گروه‌های شرکت‌کننده در تحقیق در حالت پایه

متغیر (گروه)	مقاومتی (۱۵ نفر)	ویبریشن (۱۵ نفر)	ترکیبی (۱۵ نفر)	کنترل (۱۵ نفر)	معناداری
سن (سال)	٦٩/٢±٢٠/٠٤	٧٠/٣±٢٧/٥١	٦٨/٢±٨٠/١٨	٦٧/٢±٤٠/٢٦	٠/٣٩
قد (سانتی متر)	١٦٤/٤±٧٠/٥٧	١٦٩/٦±٦٧/٦٠	١٦٨/٤±٤٧/٤٤	١٦٧/٦±٤٠/٢١	٠/١٠
وزن (کیلوگرم)	٧٦/٥±٦٧/٩٥	٧٦/١٥±١٠/٠٩	٧٧/٩±١٩/٥٦	٧٤/١١±٩٧/٢٦	٠/٩٥
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	٢٨/٢±٢٩/٥٦	٢٦/٥±٥٨/٩٨	٢٧/٢±١٧/٩٤	٢٦/٤±٧٧/٠٠	٠/٥٦
وزن بدون چربی (کیلوگرم)	٥١/٣٣±١٢/٥	٥١/٣٣±١٢/٥	٥١/٣٣±١٢/٥	٥٥/٢٦±٢٤/٨	٠/٩٠
وزن بافت نرم (کیلوگرم)	٥١/٤±٩١/٥٧	٥٢/٧±٢٩/٨١	٥٥/٩±٠٥/٣٩	٥٠/٦±٩٧/٩١	٠/٤٧
وزن عضله اسکلتی (کیلوگرم)	٣٠/٢±٤٦/٥٠	٣١/٤±٣٧/٧٨	٣٢/٥±٩٩/٦٢	٣٠/٤±٣٠/٣٥	٠/٣٤

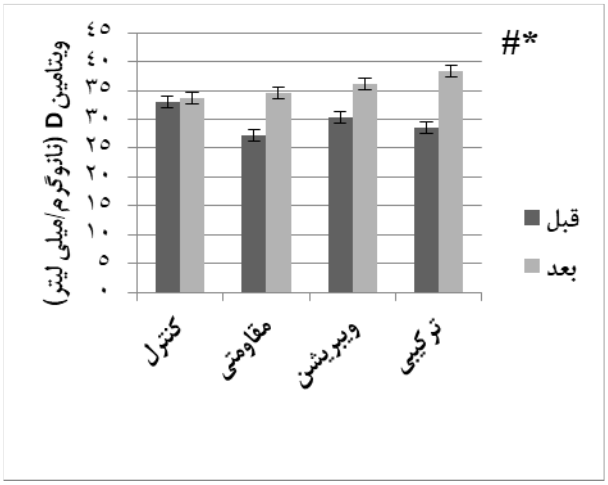
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.25.11.5]

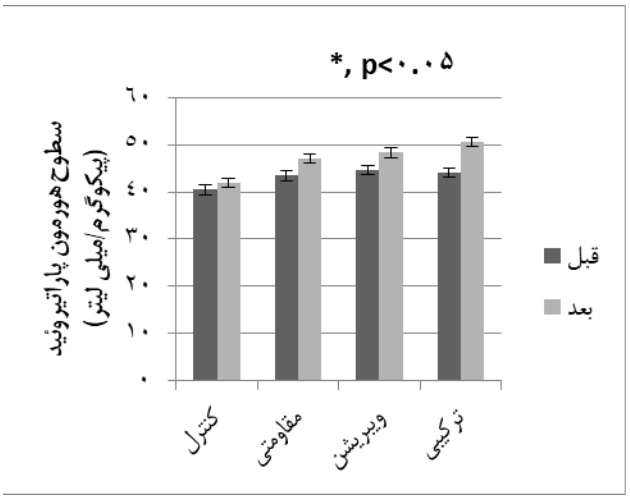
[DOI: 10.61186/jsmt.21.25.147]

نشانگرهای متابولیک و هورمونی

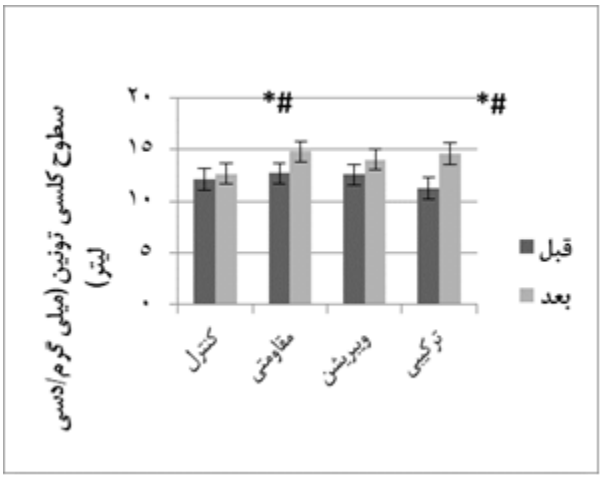
نتایج آزمون‌های t همبسته و تحلیل کوواریانس برای نشانگرهای تشکیل استخوان گروه‌های مداخله و کنترل به همراه سطح معناداری در اشکال۱ تا ۳ آورده شده است. بر اساس تجزیه و تحلیل آزمون t همبسته در اشکال ۱ تا ۳؛ افزایش معناداری در سطوح هیدروکسی ویتامین D3، پاراتیروئید و هورمون کلسی تونین در هر سه گروه مداخله در مقایسه با حالت پایه پس از ۱۲ هفته مداخله در مردان سالمند مبتلا به پوکی استخوان مشاهده شد (p<۰/۰۵)، در حالی‌که این تفاوت برای گروه کنترل معنی‌دار نبود (p>۰/۰۵). نتایج تحلیل کوواریانس نیز تفاوت معناداری در هر سه متغیر مورد نظر بین گروه‌ها را نشان داد، که به ترتیب افزایش معناداری در سطوح هیدروکسی ویتامین D3 گروه ترکیبی در مقایسه با گروه کنترل (۲۷/۹۵±۳۸/٦ در مقابل ۸/۰۵±۳۳/۷۳، p=۰/۰۰٦، شکل ۱)، افزایش معناداری در سطوح هورمون پاراتیروئید گروه ترکیبی در مقایسه با گروه کنترل (٦۰/۷٤±۵۰/۱۲ در مقابل ۱۱/۵۳±٤۱/۹۳، p=۰/۰۳۷، شکل ۲) و همچنین افزایش معناداری در سطوح هورمون کلسی تونین در گروه‌های ترکیبی و مقاومتی در مقایسه با گروه کنترل (p<۰/۰۵، شکل ۳)، پس از دوره مطالعه نشان داد. اگر چه، پس از ۱۲ هفته مداخله تمرین ویبریشن کل بدن، سطوح هر سه هورمون هورمون هیدروکسی ویتامین D3، PTH، کلسی تونین گرایش به افزایش نشان دادند، اما این تغییرات قابل توجه از نظر آماری تفاوت معناداری بین گروه‌های مداخله و کنترل نشان نداد (p>۰/۰۵).



شکل ۱: مقایسه مقادیر سطوح هیدروکسی ویتامین D قبل و بعد از مداخله در هر یک از گروه‌های کنترل و مداخله (*، برای همه گروه-های مداخله در مقایسه با حالت پایه، p>۰/۰۵؛ (#، برای گروه ترکیبی در مقایسه با گروه کنترل، p>۰/۰۵).



شکل ۲: مقایسه مقادیر سطوح هورمون پاراتیروئید (PTH) قبل و بعد از مداخله در هر یک از گروه‌های کنترل و مداخله (*، برای همه گروه‌های مداخله در مقایسه با حالت پایه، p>۰/۰۵



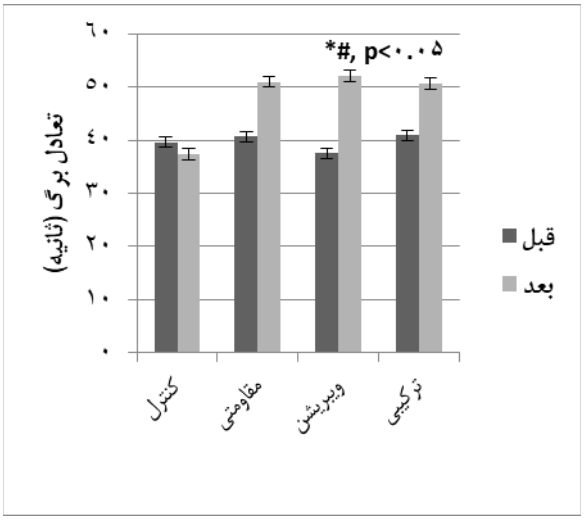
شکل ۳: مقایسه مقادیر سطوح هورمون کلسی تونین قبل و بعد از مداخله در هر یک از گروه‌های کنترل و مداخله (*، برای همه گروه-های مداخله در مقایسه با حالت پایه، p>۰/۰۵(#، برای گروه‌های ترکیبی و مقاومتی در مقایسه با گروه کنترل، p>۰/۰۵

شاخص های عملکردی

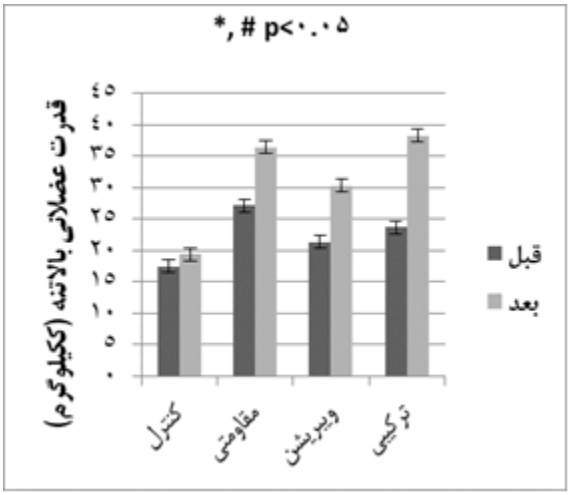
نتایج آزمون های t همبسته و تحلیل کوواریانس برای شاخص‌های عملکردی گروه‌های مداخله و کنترل به همراه سطح معناداری در اشکال ٤ تا ۷ آورده شده‌است. یافته‌های آزمون t همبسته در متغیرهای عملکردی در اشکال ٤ تا ۷؛ افزایش معناداری در شاخص‌های قدرت عضلانی بالاتنه و پایین تنه، تعادل برگ، هماهنگی عصبی عضله در هر سه گروه مداخله در مقایسه با حالت پایه پس از ۱۲ هفته مداخله در مردان سالمند مبتلا به پوکی استخوان مشاهده‌شد (p<۰/۰۵)، در حالی‌که این تفاوت برای گروه کنترل بدون تغییر بود (p>۰/۰۵).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.25.11.5]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.25.147]

تحلیل کوواریانس نیز تفاوت معناداری در هر سه متغیر مورد نظر بین گروه‌ها را نشان داد، که به ترتیب بهبود معناداری در مقادیر تعادل گروه‌های مداخله در مقایسه با گروه کنترل ($p<۰/۰۵$، شکل ٤)، افزایش معناداری در میزان قدرت عضلانی بالاتنه گروه ترکیبی در مقایسه با گروه‌های ویبریشن و کنترل ($p<۰/۰۵$، شکل ٥)، افزایش معناداری در میزان قدرت عضلانی پایین تنه گروه ترکیبی در مقایسه با گروه‌های مداخله مقاومتی و ویبریشن کل بدن به تنهایی و کنترل ($p<۰/۰۵$، شکل ٦) و همچنین بهبود معناداری در هماهنگی عصبی عضلانی در همه گروه‌های مداخله در مقایسه با گروه کنترل نشان داد ($p<۰/۰۵$، شکل ٧).



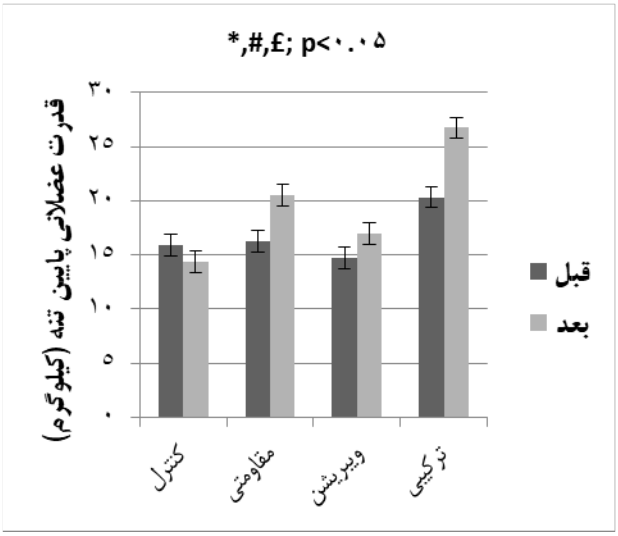
شکل ٤: مقایسه مقادیر تعادل برگ قبل و بعد از مداخله در هر یک از گروه‌های کنترل و مداخله (*، برای همه گروه‌های مداخله در مقایسه با حالت پایه، $p<۰/۰۵$؛ (#، برای گروه‌های مداخله در مقایسه با گروه کنترل، $p<۰/۰۵$).



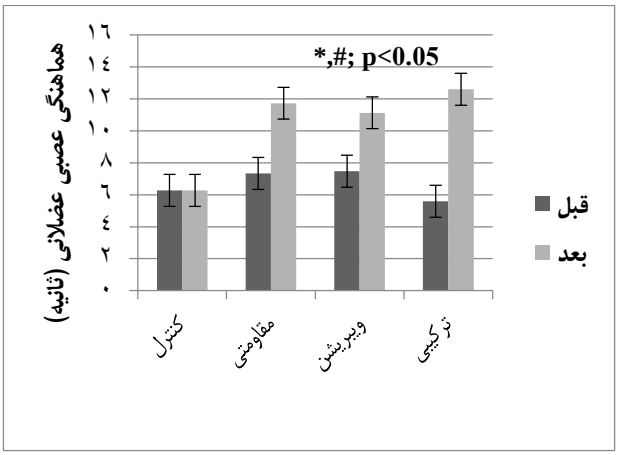
شکل ٥: مقایسه مقادیر قدرت عضلانی بالاتنه قبل و بعد از مداخله در هر یک از گروه‌های کنترل و مداخله (*، برای همه گروه‌های

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.25.11.5]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.25.147]

مداخله در مقایسه با حالت پایه، p<۰/۰۵؛ #، برای گروه‌های مداخله در مقایسه با گروه کنترل، p<۰/۰۵).



شکل ٦: مقایسه مقادیر قدرت عضلانی پایین تنه قبل و بعد از مداخله در هر یک از گروه‌های کنترل و مداخله (*، برای همه گروه‌های مداخله در مقایسه با حالت پایه، p<۰/۰۵؛ #، برای گروه ترکیبی در مقایسه با گروه‌های مقاومتی و ویبریشن، p<۰/۰۵؛ £،برای گروه مقاومتی در مقایسه با گروه ویبریشن، p<۰/۰۵).



شکل ۷: مقایسه مقادیر هماهنگی عصبی عضلانی قبل و بعد از مداخله در هر یک از گروه‌های کنترل و مداخله (*، برای همه گروه‌های مداخله در مقایسه با حالت پایه، p<۰/۰۵؛ #، برای گروه‌های مداخله در مقایسه با گروه کنترل، p<۰/۰۵).

بحث

این مطالعه با هدف ارزیابی تاثیر ۱۲ هفته تمرینات مقاومتی، ویبریشن کل بدن و ترکیبی بر غلظت سرمی هورمون تیروئید، ویتامین D، تراکم مواد معدنی استخوان (BMD)، شاخص‌های عملکردی در مردان سالمند با پوکی استخوان

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.25.11.5]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.25.147]

طراحی شد. یافته‌های اصلی این مطالعه، بهبود معناداری در سطوح BMD، هیدروکسی ویتامین D3، پاراتیروئید، هورمون کلسی تونین، قدرت عضلانی بالاتنه، قدرت عضلانی پایین تنه، تعادل برگ، هماهنگی عصبی عضله در هر سه گروه مداخله در مقایسه با حالت پایه نشان داد. با این حال، نتایج تحلیل کوواریانس برتری مداخله‌های ترکیبی و مقاومتی نسبت به دیگر گروه‌ها نشان داد.

مطالعات قبلی اثرات کوتاه مدت فعالیت‌های بدنی مختلف، از جمله پیاده‌روی (۲۸, ۲۹)، دویدن در فضای باز (۳۰) فعالیت‌های ورزشی هوازی (۳۱, ۳۲) تمرین مقاومتی (۲۸, ۲۹) و دوچرخه سواری (۳۳, ۳٤) روی تراکم استخوان را گزارش کرده‌اند. در همین راستا، هلوباک و همکاران (۳۵) در یک بررسی همسو نشان دادند که تمرینات مقاومتی با شدت بالا با استفاده از وزنه، تأثیرات مثبتی بر محتوای مواد معدنی استخوان و ناحیه محیطی استخوان دارد. در حالی‌که، تمرین مقاومتی/تمرینات قدرتی به عنوان یک محرک قوی برای بهبود و حفظ توده استخوانی را در طول فرآیند پیری عمل می‌کند (۳٦). ویبرشن کل بدن (WBV) اخیراً به عنوان یک جایگزین بالقوه برای تحریک استخوان پیشنهاد شده-است که همراه با درمان‌ها، می‌تواند درمان جدیدی برای پیشگیری از پوکی استخوان ارائه دهد؛ بنابراین فرصت‌هایی برای درمان غیردارویی بیماری دژنراتیو استخوان فراهم می‌کند (۳۷). با توجه به فرضیه تحقیق که در این مطالعه به آن پرداخته شده‌است، تغییر ایجاد شده در متغیر مورد مطالعه سطح سرمی هیدروکسی ویتامینD3 در مردان سالمند با سندرم استئوپروزیس بعد از ۱۲ هفته در گروه‌های تمرینی و گروه کنترل قابل توجه نبود با وجود این‌که، بهبود معناداری در سطوح BMD گروه‌های تمرینی مقاومتی و ترکیبی مشاهده شد. در این مطالعه سطوح سرمی هیدروکسی ویتامینD3 در کلیه گروه‌های تمرینی و گروه کنترل تغییر نکرد. اگر چه مطالعات قبلی کاهش (۳٦)، افزایش (۳۸) و بدون تغییر (۳۹, ٤۰) در نشانگرهای استخوانی(BMD)، متابولیک و هورمونی پس از فعالیت بدنی گزارش کرده‌اند (٤۱). در مطالعه همسو حسن زاده و همکاران (٤۲) نشان دادند که پاسخ مارکرهای بیوشیمیایی متابولیسم استخوان به نوع و شدت فعالیت ورزشی انجام شده بستگی دارد. از طرفی در مطالعه حاضر، سطوح سرمی هیدروکسی ویتامینD3 در گروه‌های تمرینی و گروه کنترل به طور قابل توجهی تغییر نکرد. با وجود این‌که، بهبود معناداری در سطوح BMD کلیه گروه‌های تمرینی و کنترل مشاهده شد. در گروه کنترل این امکان وجود دارد که به دلیل افزایش تحرکات بدنی روزانه، تغذیه ای، روانی و تلقینی حاصل از مشاهده‌ی سایر گروه‌های تمرینی نتایج مثبت و معنی داری مشاهده شده-باشد. احتمالاً یکی از دلایل اصلی عدم تغییر قابل توجه در سطوح مارکرهای بیوشیمیایی متابولیسم استخوان در مطالعه حاضر به نظر می‌رسد ناکافی بودن مصرف کلسیم و ویتامینD حتی در رژیم غذایی شرکت کنندگان باشد که به شدت می‌تواند نتایج مطالعه را تحت تاثیر قرار دهد. اگرچه نشان داده‌شده‌است که عضله و استخوان هر دو بافت مکانیکی هستند، اما به نظر می‌رسد که افراد جوان‌تر واکنش مکانیکی بیشتری به سیگنال های میوژنیک و استئوژنیک، هورمون‌ها، فاکتورهای رشد و سیتوکین‌ها در مقایسه با افراد بزرگسال دارند (٤۳). نشانگرهای متابولیک استخوان اطلاعات مهمی مانند سرعت بازسازی استخوان با تغییرشکل‌گیری استخوان و تحلیل و همچنین ارزیابی و شناسایی اثربخشی فعالیت ورزشی را فراهم می‌کنند (٤٤).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.25.11.5]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.25.147]

ویتامینD نیز نقش مهمی در تقویت جذب روده ای فسفات و کلسیم دارد (٤٤, ٤٥) و شرکت در فعالیت بدنی منظم یک محرک شناخته شده سطح ویتامین D سرم است (٤٢). عدم تطابق با نتایج حاضر، کیم و همکاران (٤٥) افزایش معناداری در ویتامین D پس از چهار ماه تمرین تحمل وزن بدن مشاهده کردند. ویتامینD یک عامل مهم برای سلامت استخوان است و کمبود آن منجربه پوکی استخوان و CVD در بزرگسالان می‌شود. علاوه بر این، سطوح ویتامینD در افراد غیر فعال از نظر فیزیکی دو برابر کمتر از بزرگسالان فعال است (٤٦). مطالعه هولیکو و همکاران (٤٧) نیز همسو با نتایج تحقیق حاضر است که افزایش فعالیت بدنی روشی موثر برای حفظ سطح مطلوب ویتامین D در ادامه زندگی است. در مطالعات، غلظت سرمی هورمون‌ها مانند ۱،۲۵–دی هیدروکسی ویتامینD3 و هورمون PTH برای تحریک افزایش تشکیل استخوان پس از تمرینات مقاومتی شناخته شده‌است، در حالی که بی حرکتی با سرکوب سطح ۱،۲۵–دی هیدروکسی ویتامینD3 و هورمون PTH گردش همراه بود. بنابراین، افزایش در تشکیل استخوان پس از تمرین مقاومتی ممکن است بواسطه افزایش در این عوامل هورمونی امکان پذیر باشد. PTH در بین عوامل هورمونی منحصر به فرد است، زیرا هم تشکیل و هم جذب استخوان را تحریک می‌کند (٤٨). با این حال با توجه به موارد فوق الذکر، افزایش در غلظت PTH پلاسما را پس از تمرین مقاومتی نمی‌توان برای سرکوب جذب استخوان گزارش داد. مکانیسمی که بواسطه تمرین مقاومتی متابولیسم استخوان را تعدیل می‌کند، باید مشخص شود. علت تضاد بین یافته‌های مطالعه حاضر و مطالعات قبلی را می‌توان با تفاوت در طراحی مطالعه، نوع جامعه آماری هدف، مدت زمان، محدوده سن، همچنین نوع و شدت تمرین توضیح داد. بطور کلی، فعالیت ورزشی و تمرین قدرتی با حفظ BMD از طریق افزایش فعالیت استئوبلاست مرتبط است، که تأثیر مستقیمی بر تولید استئوکلسین (OC، نشانگر بازسازی استخوان و پروتئین اختصاصی استئوبلاست) دارد، اما همچنان به عنوان یک هورمون فعال عمل می‌کند، بطوری که مسئول نحوه ارتباط متقابل استخوان، بافت چربی و عضله است و این‌که چگونه آن‌ها بر هموستاز گلوکز در انسان تأثیر می‌گذارند و نقش مهمی در سیگنال‌دهی متابولیک در عضلات اسکلتی و استخوان دارد و حساسیت به انسولین را بهبود می‌بخشد (٤٩). با این حال، مشخص شده‌است که فعالیت ورزشی باعث تغییر هورمون‌های کلسیوتروپیک، ویتامین D و PTH می‌شود که همگی تنظیم کننده‌های مهم متابولیسم استخوان هستند. یک دوره کوتاه فعالیت ورزشی به طور موقت با افزایش ترشح PTH، نقش‌های مختلفی در چرخش استخوان دارد. تمرین مقاومتی به طور گسترده برای پیشگیری و درمان پوکی استخوان و افزایش BMD و همچنین بهبود توده استخوان، استحکام و کاهش تخریب استخوان توصیه شده‌است (٥٠). پویا فرد و همکاران (٥١) در پژوهشی ناهمسو به این نتیجه رسیدند که انعطاف پذیری پایین تنه، قدرت عضلات اندام فوقانی، قدرت ایستای دست، قدرت پویای پا، عملکرد استقامت عضلانی اندام‌های تحتانی، عملکرد قلبی تنفسی، عملکرد تعادل پویا در گروه‌های آزمایش بهبود معناداری داشت. به نظر می‌رسد شدت کم برنامه ترکیبی ویبریشن و طناب زنی در مقابل شدت بالای تمرینات در تحقیق حاضر نیز بتواند در بهبود ترکیب بدن و عملکرد جسمانی افراد سالمند مؤثر باشد. انتخاب هریک از برنامه‌ها به وضعیت جسمانی سالمندان بستگی دارد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.25.11.5]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.25.147]

تحقیق همسوی زاکی (۵۲) مشخص شد که BMD در تروکانتر بزرگ و در ستون فقرات کمری پس از تمرین بدنی با استفاده از هر دو تمرینWBV و مقاومتی به طور معنی‌داری بالاتر بود. علاوه بر این، هر دو برنامه ورزشی بر و نسبت دور کمر به باسن مؤثر بودند. پیس زینس و همکاران (۵۳) در پژوهشی همسو بیان داشتند که هیچ تفاوت آماری معنی داری در توده بدن، توده عضلانی اسکلتی، کل آب بدن، توده بدون چربی، شاخص توده بدنی مشاهده نشد.

در پژوهشی ناهمسو هاری جانتو و همکاران (٥٤) به این نتیجه رسیدند که WBV اثرات هم افزایی معنی‌داری بر نتایج اندازه‌گیری شده استخوان (تراکم معدنی استخوان [BMD] در لگن و ستون فقرات کمری) و عضله (توده عضلانی بدون چربی و زمان نشستن به ایستادن) ندارد. لول و همکاران (۵۵) مشخص کردند که در افراد مسن مبتلا به سارکوپنی، بر قدرت عضلانی (قدرت کشش زانو) و سرعت راه رفتن را می‌توان با تمرینات مقاومتی و تمرینات ترکیبی بهبود بخشید که با تحقیق حاضر مغایرت داشته، اما با ویبریشن کل بدن بر فاکتورهای عملکردی تحقیق حاضر همخوانی دارد. پژوهش کملر و همکاران (٥٦) با نتایج تحقیق حاضر همخوانی ندارد شاید به این علت که شرکت کنندگان در این تحقیق مردان سالمند بالای ۷۲ سال همراه با بیماری استئوسارکوپنی می‌باشند. تمرینات ویبریشن کل بدن می‌تواند با خیال راحت توسط افراد مسن انجام شود و ممکن است یک روش ورزشی جایگزین برای تقویت اثر تمرینات تقویتی باشد (۵۷). سارابون و همکاران (۱۸) در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که مداخلات تمرینات مقاومتی ممکن است به طور قابل توجهی توانایی تعادل را در بزرگسالان و سالمندان بهبود بخشد. بنابراین، می‌توان از تمرینات مقاومتی برای بهبود تعادل در این جمعیت‌ها استفاده کرد که با تحقیق حاضر همخوانی دارد. نتایج مطالعه‌ی همسو سوزان و همکاران (۵۸) با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. یافته‌ها نشان می‌دهد که وزن بافت نرم و وزن بافت بدون چربی بدن عمدتا در سالمندان کمتر تحت تأثیر تمرینات مقاومتی قرار می‌گیرد. پژوهش اسنیجدرز و همکاران (۵۹) با نتایج تحقیق حاضر همسو است. یافته‌ها نشان می‌دهد که اگر چه تمرینات مقاومتی طولانی مدت به طور موثر توده و قدرت عضلانی را در افراد مسن افزایش می‌دهد، اما در صورت عدم ادامه برنامه حرکتی تحت نظارت، افزایش توده عضلانی از بین می‌رود و افزایش قدرت عضلانی تنها تا حدود یک‌سال حفظ می‌شود و به نظر می‌رسد یک مداخله ایمن، غیرتهاجمی، غیردارویی و روش تمرینی موثر برای حفظ یا بهبود نشانگرهای استخوانی و بعضی از فاکتورهای ترکیب بدنی و عملکردی در گروه‌های مختلف جمعیت است. بنابراین، روش تمرین مقاومتی دایره‌ای، ویبریشن کل بدن و ترکیبی ممکن است یک رویکرد ایده آل درمان پوکی استخوان و کیفیت زندگی برای برخی از جمعیت‌های خاص باشد. اگر چه مطالعات متعددی در مورد ارزیابی اثربخشی مقاومتی به تنهایی یا با ترکیبی از انواع مختلف فعالیت ورزشی در گروه‌های مختلف جمعیت انجام شده‌است، اما مطالعات کمی در مورد ارزیابی اثربخشی طولانی مدت استفاده از مقاومتی بخصوص از نوع دایره‌ای و همچنین ویبریشن کل بدن و ترکیبی بر نشانگرهای متابولیک استخوان و هورمونی و فاکتورهای ترکیب بدنی و عملکردی مردان سالمند انجام شده‌است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.25.11.5]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.25.147]

استفاده از پروتکل تمرینی در مطالعه آینده‌نگر ما، تصادفی و کنترل شده‌بود و به ما اجازه داد تا اثربخشی طولانی مدت تمرین مقاومتی دایره‌ای و همچنین ویبریشن کل بدن و ترکیبی را ارزیابی کنیم. در بررسی متون، کمتر مطالعه مشابه‌ای برای مقایسه پروتکل تمرین مقاومتی دایره‌ای و همچنین ویبریشن کل بدن و ترکیبی بر روی نشانگرهای استخوانی و هورمونی و بعضی فاکتورهای ترکیب بدنی و عملکردی در مردان سالمند وجود داشت. یکی دیگر از نقاط قوت این مطالعه این بود که مداخلات به صورت تمرینات گروهی تحت نظارت اجرا شد که در آن علاوه بر ارزیابی‌های مقادیرBMD، از پارامترهای ارزیابی مختلف مانند تعیین سطوح نشانگرهای استخوانی، متابولیک و هورمونی و بعضی از فاکتورهای ترکیب بدنی و عملکردی را می‌توان به عنوان عوامل دیگری که مطالعه ما را تقویت کرد، ذکر کرد. البته چند محدودیت در مطالعه ما وجود داشت که باید در هنگام تفسیر یافته‌ها مورد توجه قرار گیرد. اولین محدودیت، تعداد محدود نمونه‌های در دسترس بود. دومین محدودیت، مدت زمان پیگیری مطالعه بود که به نظر می‌رسد ۳ ماه پیگیری برای اثبات اثربخشی پروتکل تمرینی موجود بر روی بخصوص نشانگرهای متابولیک استخوان و شاخص‌های هورمونی ترکیب بدنی و عملکردی کافی نباشد. در حالی که تحقیقات قبلی نشان داده‌است که زمان زیادی طول می‌کشد تا ایجاد متابولیسم استخوان و بعضی از فاکتورهای ترکیب بدنی و عملکردی به عنوان پاسخ تمرینی رخ دهد. سوم، به همه شرکت‌کنندگان در مطالعه آموزش داده شد که از یک رژیم غذایی متعادل و برنامه ورزشی تجویزی تبعیت داشته باشند.

نتیجه گیری

پژوهش حاضر نشان انجام تمرینات مقاومتی دایره‌ای، ویبرشن و ترکیبی از آن‌ها به عنوان یک روش درمانی غیر دارویی می‌تواند سبب افزایش قابل توجهی در تراکم استخوانی و شاخص‌های عملکردی در مردان سالمند شود و تاثیری بر شاخص‌های هورمونی مردان سالمند مبتلا به پوکی استخوان ندارد، مطالعات بیشتر با پیگیری طولانی مدت برای تایید این یافته‌ها باید مورد توجه قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش حاصل نتایج بخشی از رساله‌ی دکتری است. نویسندگان از تمام افرادی که در این پژوهش مشارکت کردند، تشکر و قدردانی می‌کند.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله، هیچگونه تضاد منافعی با انتشار این مقاله ندارند.

References

1.Vásquez-Araneda E, Solís-Vivanco RI, Mahecha-Matsudo S, Zapata-Lamana R, Cigarroa I. Characteristics of physical exercise programs for older adults in Latin America: a systematic review of randomized controlled trials. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021;18(6):2812.

2.Khursheed R, Singh SK, Wadhwa S, Kapoor B, Gulati M, Kumar R, et al. Treatment strategies against diabetes: Success so far and challenges ahead. European journal of pharmacology. 2019;862:172625.

3.Raj NB, Lee WZ, Eswaramoorthi V, Razali H, Othman NYH, Rao U. Exercise programmes for reducing

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.25.11.5]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.25.147]

the risk of falls in elderly: a review. Research Journal of Pharmacy and Technology. 2020;13(6):2977-84.
4.Sallis JF, Cain KL, Conway TL, Gavand KA, Millstein RA, Geremia CM, et al. Peer reviewed: Is your neighborhood designed to support physical activity? A brief streetscape audit tool. Preventing chronic disease. 2015;12.
5.Marin-Puyalto J, Gomez-Cabello A, Gonzalez-Agüero A, Gomez-Bruton A, Matute-Llorente A, Casajus JA, et al. Is vibration training good for your bones? An overview of systematic reviews. BioMed Research International. 2018;2018.
6.Bemben D, Stark C, Taiar R, Bernardo-Filho M. Relevance of whole-body vibration exercises on muscle strength/power and bone of elderly individuals. Dose-Response. 2018;16(4):1559325818813066.
7.Hassanzadeh HA, Gozashti M, Dehkhoda MO, Kazemi A. The effect of calcium and vitamin d consumption and combined training on parathyroid hormone and alkaline phosphatase of postmenopausal women. Medical journal of Mashhad University of medical sciences. 2012;55(2):96-101.
8.Karamesha P, Morteza Dehghan, Razieh P, Morteza Hashemzadeh CH, Masoud A, Siddiqa K. Relationship between ApaI and TaqI polymorphisms of the vitamin D receptor gene with osteoporosis in women aged 45 years and older in Chaharmahal and Bakhtiari province. Shahrekord Medical University. 2014; 17th year(2):17-
9.Wang Y, Kong L, Chen J, Li X, Yang D, Ding H. Treatment of Osteoporosis in Rats with Parathyroid Hormone Combined with Calcitonin. Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias. 2020;30(5):2448-58.
10.Lombardi G, Ziemann E, Banfi G, Corbetta S. Physical activity-dependent regulation of parathyroid hormone and calcium-phosphorous metabolism. International journal of molecular sciences. 2020;21(15):5388.
11.Cao S, Wang Z, Li C, Wang Q. The effect of whole-body vibration exercise on postmenopausal women with osteoporosis: A protocol for systematic review and meta-analysis. Medicine. 2021;100(18).
12.Abbasi E, Kahrizi S, Razi M, Faghihzadeh S. The effect of whole-body vibration training on the lower extremity muscles' electromyographic activities in patients with knee osteoarthritis. Medical journal of the Islamic Republic of Iran. 2017;31:107.
13.Beck BR. Vibration therapy to prevent bone loss and falls: mechanisms and efficacy. Current osteoporosis reports. 2015;13:381-9.
14.Wang P, Yang L, Li H, Lei Z, Yang X, Liu C, Jiang H, Zhang L, Zhou Z, Reinhardt JD, He C. Effects of whole-body vibration training with quadriceps strengthening exercise on functioning and gait parameters in patients with medial compartment knee osteoarthritis: a randomised controlled preliminary study. Physiotherapy. 2016 Mar 1;102(1):86-92
15.Rittweger J, Beller G, Armbrecht G, Mulder E, Buehring B, Gast U, et al. Prevention of bone loss during 56 days of strict bed rest by side-alternating resistive vibration exercise. Bone. 2010;46(1):137-47.
16.Beller G, Belavý DL, Sun L, Armbrecht G, Alexandre C, Felsenberg D. WISE-2005: bed-rest induced changes in bone mineral density in women during 60 days simulated microgravity. Bone. 2011;49(4):858-66.
17.Ghasemi S, Sadeghi H. Effect of different exercises on the bone mineral density, pain and quality of life in people with osteoporosis. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2015;4(3):156-65.
18.Šarabon N, Kozinc Ž. Effects of resistance exercise on balance ability: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Life. 2020;10(11):284.
19.O'Donovan G, Blazevich AJ, Boreham C, Cooper AR, Crank H, Ekelund U, et al. The ABC of Physical Activity for Health: a consensus statement from the British Association of Sport and Exercise Sciences. Journal of sports sciences. 2010;28(6):573-91.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.25.11.5]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.25.147]

20.Warburton DE, Bredin SS. Reflections on physical activity and health: what should we recommend? Canadian Journal of Cardiology. 2016;32(4):495-504.
21.Parsa A, Hosseini A, Reza Des, Bijeh, Nahid D, Hamedinia. The effect of combined exercise volume (resistance-aerobic) on neurotrophin changes, neuropathic pain and some functional indicators in postmenopausal women with diabetic peripheral neuropathy. Iranian Journal of Women, Obstetrics and Infertility. 2020;22(12):24-37.
22.Beck B, Rubin C, Harding A, Paul S, Forwood M. The effect of low-intensity whole-body vibration with or without high-intensity resistance and impact training on risk factors for proximal femur fragility fracture in postmenopausal women with low bone mass: Study protocol for the VIBMOR randomized controlled trial. Trials. 2022 Jan 6;23(1):15. 23. Westcott WL. Resistance training is medicine: effects of strength training on health. Current sports medicine reports. 2012;11(4):209-16.
24.Fisher JP, Steele J, Gentil P, Giessing J, Westcott WL. A minimal dose approach to resistance training for the older adult; the prophylactic for aging. Experimental gerontology. 2017;99:80-6.
25.Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee I-M, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. Medicine and science in sports and exercise. 2011;43(7):1334-59.
26.Babatunde O, Forsyth J, Gidlow C. A meta-analysis of brief high-impact exercises for enhancing bone health in premenopausal women. Osteoporosis international. 2012;23:109-19.
27.Yuan Y, Chen X, Zhang L, Wu J, Guo J, Zou D, et al. The roles of exercise in bone remodeling and in prevention and treatment of osteoporosis. Progress in Biophysics and Molecular Biology. 2016;122(2):122-30.
28.Welsh L, Rutherford O, James I, Crowley C, Comer M, Wolman R. The acute effects of exercise on bone turnover. International journal of sports medicine. 1997;18(04):247-51.
29.Thomas E, Gentile A, Lakicevic N, Moro T, Bellafiore M, Paoli A, et al. The effect of resistance training programs on lean body mass in postmenopausal and elderly women: A meta-analysis of observational studies. Aging Clinical and Experimental Research. 2021:1-12.
30.Maïmoun L, Sultan C. Effect of physical activity on calcium homeostasis and calciotropic hormones: a review. Calcified tissue international. 2009;85:277-86.
31.Molina-Sotomayor E, Espinoza-Salinas A, Arenas-Sánchez G, Pradas de la Fuente F, Leon-Prados JA, Gonzalez-Jurado JA. Effects of Resistance Training Program on Muscle Mass and Muscle Strength and the Relationship with Cognition in Older Women. Sustainability. 2021;13(14):7687.
32.Ramos-Campo DJ, Andreu Caravaca L, Martínez-Rodríguez A, Rubio-Arias JÁ. Effects of resistance circuit-based training on body composition, strength and cardiorespiratory fitness: a systematic review and meta-analysis. Biology. 2021;10(5):377.
33.Tosun A, Bölükbaşı N, Çıngı E, Beyazova M, Ünlü M. Acute effects of a single session of aerobic exercise with or without weight-lifting on bone turnover in healthy young women. Modern rheumatology. 2006;16(5):300-4.
34.Zittermann A, Sabatschus O, Jantzen S, Platen P, Danz A, Stehle P. Evidence for an acute rise of intestinal calcium absorption in response to aerobic exercise. European journal of nutrition. 2002;41:189-96.
35.Holubiac IȘ, Grosu VT. An Explorative Literature Review of The Influence of Physical Exercises on Bone Mineral Density. Arena: Journal of Physical Activities. 2019(8).
36.Rolvien T, Amling M. Disuse osteoporosis: clinical and mechanistic insights. Calcified tissue international. 2022:1-13.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.25.11.5]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.25.147]

37.Rajapakse CS, Johncola AJ, Batzdorf AS, Jones BC, Al Mukaddam M, Sexton K, et al. Effect of low-intensity vibration on bone strength, microstructure, and adiposity in pre-osteoporotic postmenopausal women: a randomized placebo-controlled trial. Journal of Bone and Mineral Research. 2021;36(4):673-84.
38.Whipple T, Le BH, Demers L, Chinchilli V, Petit M, Sharkey N, et al. Acute effects of moderate intensity resistance exercise on bone cell activity. International journal of sports medicine. 2004;25(07):496-501.
39.Gómez-Cabello A, Ara I, González-Agüero A, Casajús J, Vicente-Rodriguez G. Effects of training on bone mass in older adults: a systematic review. Sports Medicine. 2012;42:301-25.
40.Maimoun L, Manetta J, Couret I, Dupuy A, Mariano-Goulart D, Micallef J, et al. The intensity level of physical exercise and the bone metabolism response. International journal of sports medicine. 2006;27(02):105-11.
41.Brahm H, Piehl-Aulin K, Saltin B, Ljunghall S. Net fluxes over working thigh of hormones, growth factors and biomarkers of bone metabolism during short lasting dynamic exercise. Calcified tissue international. 1997;60:175-80.
42.Hassanzadeh H, Passadi M, Dehkhoda MR, Kazemi A. The effect of calcium, vitamin D and combined exercise on parathyroid hormone and alkaline phosphatase enzyme in postmenopausal women. Journal of the Faculty of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences. 2012;55(2):96-101.
43.Moazami M, Jamali F. The effect of 6-months aerobic exercises on bone-specific alkaline phosphatase and parathyroid hormone in obese inactive woman. J Sport Biomotor Sci. 2014;10(2):71-8.
44.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(1):1-8.
45.Kim S-W, Seo M-W, Jung H-C, Song J-K. Effects of high-impact weight-bearing exercise on bone mineral density and bone metabolism in middle-aged premenopausal women: A randomized controlled trial. Applied Sciences. 2021;11(2):846.
46.Pilch W, Tyka A, Cebula A, Śliwicka E, Pilaczyńska-Szcześniak Ł. Effects of a 6-week Nordic walking training on changes in 25 (OH) D blood concentration in women aged over 55. The Journal of sports medicine and physical fitness. 2016;57(1-2):124-9.
47.Holick MF. The vitamin D deficiency pandemic: Approaches for diagnosis, treatment and prevention. Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders. 2017;18:153-65.
48.Moghadasi M, Siavashpour S. The effect of 12 weeks of resistance training on hormones of bone formation in young sedentary women. European journal of applied physiology. 2013;113:25-32.
49.Naghizadeh H, Azizbeigi K. Effect of 12 weeks of progressive resistance training on the serum levels of liver enzymes Aspartate Aminotransferase, Alanine Aminotransferase, Alkaline Phosphatase in sedentary obese men. Metabolism and Exercise. 2019;9(2):163-85.
50.Zhao R, Zhao M, Zhang L. Efficiency of jumping exercise in improving bone mineral density among premenopausal women: a meta-analysis. Sports medicine. 2014;44:1393-402.
51.Pouyafar M, Askari R, Hoseini Kakhk SA, Damavandi M, Maleki A. Comparing the Effects of Eight Weeks of Whole Body Vibration Exercise Combined With Rope Skipping at Two Different Intensities on Physical Performance of Older Men: A Randomized Single-Blind Clinical Trial. Iranian Journal of Ageing. 2021;16(3):376-95.
52.Zaki ME. Effects of whole body vibration and resistance training on bone mineral density and anthropometry in obese postmenopausal women. Journal of osteoporosis. 2014;2014.
53.Pieczyńska A, Zasadzka E, Trzmiel T, Pyda M, Pawlaczyk M. The effect of a mixed circuit of aerobic and resistance training on body composition in older adults—retrospective study. International journal of environmental research and public health. 2021;18(11):5608.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.25.11.5]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.25.147]

54.Harijanto C, Lim A, Vogrin S, Duque G. Does Whole-Body Vibration Training Have a Concurrent Effect on Bone and Muscle Health? A Systematic Review and Meta-Analysis. Gerontology. 2022;68(6):601-11.
55.Lu L, Mao L, Feng Y, Ainsworth BE, Liu Y, Chen N. Effects of different exercise training modes on muscle strength and physical performance in older people with sarcopenia: a systematic review and meta-analysis. BMC geriatrics. 2021;21(1):1-30.
56.Kemmler W, Kohl M, Fröhlich M, Jakob F, Engelke K, von Stengel S, et al. Effects of high-intensity resistance training on osteopenia and sarcopenia parameters in older men with osteosarcopenia—one-year results of the randomized controlled Franconian Osteopenia and Sarcopenia Trial (FrOST). Journal of Bone and Mineral Research. 2020;35(9):1634-44.
57.Jo N-G, Kang S-R, Ko M-H, Yoon J-Y, Kim H-S, Han K-S, et al., editors. Effectiveness of whole-body vibration training to improve muscle strength and physical performance in older adults: prospective, single-blinded, randomized controlled trial. Healthcare; 2021: MDPI.
58.Souza D, Barbalho M, Gentil P. The impact of resistance training volume on muscle size and lean body mass: to infinity and beyond? Human Movement. 2020;21(4):18-29.
59.Snijders T, Leenders M, de Groot L, van Loon LJ, Verdijk LB. Muscle mass and strength gains following 6 months of resistance type exercise training are only partly preserved within one year with autonomous exercise continuation in older adults. Experimental gerontology. 2019;121:71-8.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.25.11.5]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.25.147]