Sport Physiology **Volume 14, No 56, 2023, Page 17-48**

Research Paper

The Effect of 12 Weeks of Resistance Circuit-Based Training on Markers of Bone Mass Metabolic and Hormonal in Elderly Men

K. Dehghan[1], Kh. Jalali Dehkordi[2], F. Taghian[3], M. Kargarfard[4], B. Abedi[5]

1. Ph.D. Student, Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
2. Assistance Professor, Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. (Corresponding author)
3. Associate Professor, Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
4. Professor, Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
5. Professor, Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Mahallat Branch, Islamic Azad University, Mahallat, Iran.

Received: 2022/02/24 **Accepted: 2022/07/02**

Abstract

The aim of this study was to investigate to the effect of 12 weeks of resistance circuit-based training on markers of bone metabolic and hormonal in elderly men. 30 elderly men with mean and standard deviation of age: 67.63 ± 4.82 years; weight: 75.82 ± 8.89 kg and body mass index: 27.53±3.28 kg/m^2 were randomly divided into two groups of combined training and control. The resistance exercise training was performed at 30–55% of the one-repetition maximum (1-RM), three times per week for 12-weeks, while the CON group maintained their regular lifestyle. The hormonal and bone metabolic markers including serum 25-(OH) D3, parathyroid hormone (PTH), osteocalcin (OC), alkaline phosphatase (ALP), calcitonin and calcium were measured before training and after 12weeks exercise intervention. The level of significance was considered at P <0.05. The results of analysis of covariance showed a significant increase in the calcitonin levels (14.80± 2.70) vs. 12.67± 3.75 ml/dl, p = 0.037) and calcium (9.70±0.65 vs. 9.09±0.47 ml/dl, p = 0.006) in

1. Email: kouroshdehghan760@gmail.com
2. Email: khosrojalali@khuisf.ac.ir
3. Email: f_taghian@yahoo.com
4. Email: m.kargarfard@spr.ui.ac.ir
5. Email: abedi@iaumahallat.ac.ir

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

the resistance training group compared to the control group showed intervention after 12 weeks. However, no significant difference was observed between groups in the variables of parathyroid hormone,25-(OH) D3, osteocalcin and alkaline phosphate P >0.05. The findings of the present study showed that 12 weeks of resistance circuit-based training led to a significant improvement in some hormonal markers and bone metabolic in the elderly. Further studies with a long-term follow-up should be considered to confirm these findings.

Keywords: Osteopenia, Bone metabolism, Osteocalcin 25-(oh) D3, Parathyroid hormone, Resistance circuit-based training, Elder

Extended Abstract

Background and Purpose

Osteoporosis (OP) is a systemic skeletal disease characterized by decreased bone mineral density, decreased bone quality, microarchitectural deterioration of bone tissue, and low bone mass, which causes discomfort, poor quality of life, increased bone fragility, and increased fracture risk, resulting in socio-economic burden, high morbidity and mortality, decreased functional mobility, and increased attendant care and healthcare costs (1-2). Pharmacological therapies, such as bisphosphonates, hormone replacement, raloxifene, calcium, parathyroid hormone (PTH), vitamin D, calcitonin, testosterone, and anabolic steroids, have all been used to treat OP in recent years, but long-term use of antiosteoporosis drugs can cause gastrointestinal problems, infections, jaw osteonecrosis, hypocalcemia, atypical subtrochanteric femoral fractures, increased risk of certain cancers, and atrial fibrillation (1, 3). Many studies have already proven the positive effects of resistance training (RT) combined with a protein-rich diet on sarcopenia (1, 4, 5). A standardized treatment approach that can be applied to a wide range of sarcopenic patients and includes a validated training protocol has yet to be defined. The aim of this study was to investigate to the effect of 12 weeks of resistance circuit-based training on markers of bone metabolic and hormonal in elderly men.

Materials and Methods

In this randomized controlled study, male patients with a history of sarcopenia and by dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) who were diagnosed with osteopenia or osteoporosis (T-scores <_1.5) and referred to Shahreza City Retirees Association between April 2020 and September 2022 were assessed to determine their eligibility to participate in the study. Initially, all participants were assessed for the recruitment criteria. A medical and psychological history,

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

including height, weight, and BMI, as well as physical and laboratory exams, were part of the screening process. Every participant was assessed physically to see how physically active they were.

30 elderly men with mean and standard deviation of age: 67.63 ± 4.82 years; weight: 75.82 ± 8.89 kg and body mass index: 27.53±3.28 kg/m^2 were randomly divided into two groups of combined training and control. Resistance exercise training were performed in a circle in 10 movements (lower body and upper body movements), with a rest of less than one minute, 3 sessions per week and with an intensity of 30 to 50% of the strength of a maximum repetition (1-RM) for twelve weeks. The participants in control group were asked to continue with their normal daily routines and to avoid any systematic exercise training regimens.

BMD was measured using dual-energy x-ray absorptiometry (DXA),

All participants' age (years), height (cm), weight (kg), BMI (kg/m2), and BMD using dual-energy x-ray absorptiometry (DXA) were measured. Bone markers such as parathyroid hormone (PTH), osteocalcin (OC), alkaline phosphatase (ALP), calcitonin, calcium, and Vit D were also measured. Pre-treatment and 12-weeks follow-up measurements were taken from all groups.

All statistical analyses were performed using SPSS (IBM SPSS, Inc., Version 20.0, 2011). Results are expressed as means and standard deviations. The normality of distribution of all dependent variables was verified using the Kolmogorov–Smirnov test. Levene's test was also used to test homoscedasticity. The independent sample t-test was used to compare the characteristics of the groups at the baseline. Paired sample t-test was used to examine change in dependent variables from the baseline to 12 weeks in both the exercise and control groups. Finally, the analysis of covariance (ANCOVA) was used to compare the outcomes of interest between the exercise and control groups after 12 weeks taking into account the patients' baseline characteristics. Significance was determined at $p < 0.05$.

Findings

There was a significant increase in hydroxyvitamin D3, parathyroid hormone, duration of sun exposure, osteocalcin, calcitonin, calcium, and a significant decrease in alkaline phosphate levels in elderly men participating in resistance training for 12 weeks compared with baseline ($P < 0.05$). Besides, the results of analysis of covariance showed a significant increase in the calcitonin levels (14.80± 2.70) vs. 12.67± 3.75 ml/dl, $p = 0.037$) and calcium (9.70±0.65 vs. 9.09±0.47 ml/dl, $p = 0.006$) in the resistance training group compared to the control group after 12 weeks intervention.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

Although after 12 weeks of resistance training intervention, the levels of hydroxyvitamin D3, PTH, and osteocalcin showed a tendency to increase and alkaline phosphate levels tended to decrease, but these significant changes in the mentioned variables did not show a statistically significant difference between the resistance training and control groups ($p > 0.05$).

Conclusion

The findings of the present study showed that 12 weeks of resistance training led to a significant improvement in some bone metabolic and hormonal markers in the elderly. Further studies with a long-term follow-up should be considered to confirm these findings.

Keywords: Osteoporosis, Bone metabolic markers, Serum 25-(OH) D3, Parathyroid hormone, Resistance circuit-based training, Elderly

Article Message

A resistance circuit-based training program with the mentioned training features is recommended as a suitable training method for the significant improvement in some bone metabolic and hormonal markers of bone mass in the elderly especially people with skeletal problems in the skeletal system. However, further studies with long-term follow-up to confirm these findings should be considered.

Ethical Considerations

Compliance with Ethical Guidelines

Informed consent was obtained from all individual participants included in the study

Funding

This study received no funding from public, commercial, or non-profit organizations

Authors' Contributions

All authors have participated in designing, implementing and writing all parts of the present study

Conflicts of Interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

This research is the result of a part of a PhD dissertation. The authors thank all those who participated in this study.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

References

1. Ebid A, El-Boshy M, El-Shamy S, Thabet A, Abedalla M, Ali T. Long-term effect of full-body pulsed electromagnetic field and exercise protocol in the treatment of men with osteopenia or osteoporosis: A randomized placebo-controlled trial. F1000Research. 2021;10.
2. Santos VRd, Christofaro DGD, Gomes IC, Freitas Júnior IF, Gobbo LA. Relationship between obesity, sarcopenia, sarcopenic obesity, and bone mineral density in elderly subjects aged 80 years and over. Revista brasileira de ortopedia. 2018;53:300-5.
3. Body J-J, Bergmann P, Boonen S, Devogelaer J-P, Gielen E, Goemaere S, et al. Extraskeletal benefits and risks of calcium, vitamin D and anti-osteoporosis medications. Osteoporosis international. 2012;23(1):1-23.
4. Lichtenberg T, von Stengel S, Sieber C, Kemmler W. The favorable effects of a high-intensity resistance training on sarcopenia in older community-dwelling men with osteosarcopenia: the randomized controlled FrOST study. Clinical interventions in aging. 2019; 14:2173.
5. Greenblatt MB, Tsai JN, Wein MN. Bone turnover markers in the diagnosis and monitoring of metabolic bone disease. Clinical chemistry. 2017;63(2):464-74.
6. 6. Shetty S, Kapoor N, Bondu JD, Thomas N, Paul TV. Bone turnover markers: Emerging tool in the management of osteoporosis. Indian journal of endocrinology and metabolism. 2016;20(6):846

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

فیزیولوژی ورزشی دوره ۱۴ ، شماره ۵۶، زمستان ۱۴۰۱ .صص ۴۸-۱۷

مقالهٔ پژوهشی

اثر دوازده هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای بر نشانگرهای متابولیک و هورمونی توده استخوانی مردان سالمند

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.استادیار، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران (نویسندهٔ مسئول)
۳. دانشیار،گروه فیزیولوژی ورزش، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
۴. استاد، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۵. استاد، گروه فیزیولوژی ورزش، واحد محلات، دانشگاه آزاد اسلامی، محلات، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۶

چکیده

اهداف: پژوهش حاضر با هدف اثر دوازده هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای بر نشانگرهای متابولیک و هورمونی توده استخوانی مردان سالمند انجام شد. مواد و روش‌ها: سی مرد سالمند با میانگین و انحراف معیار سن ۶۳/۸۲±۶۷/۴ سال، وزن ۸/۸۹±۷۵/۸۲ کیلوگرم و شاخص توده بدنی ۳/۲۸±۲۷/۵۳ کیلوگرم بر مترمربع، به‌صورت تصادفی در دو گروه تمرین ترکیبی و کنترل قرار گرفتند. تمرین مقاومتی دایره‌ای با شدت ۳۰ تا ۵۵ درصد یک تکرار بیشینه، سه بار در هفته برای دوازده هفته اجرا شد؛ درحالی‌که گروه کنترل سبک زندگی معمول خود را حفظ کردند. نشانگرهای هورمونی مرتبط با متابولیسم استخوان شامل هیدروکسی ویتامین D3، هورمون پاراتیروئید، استئوکلسین، آلکالین فسفات، کلسی‌تونین و کلسیم، قبل و پس از مداخله تمرینی اندازه‌گیری شدند. تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون‌های تی وابسته و تحلیل کوواریانس در سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ انجام شد. یافته‌ها: نتایج آزمون تحلیل کوواریانس، افزایش معناداری را در سطوح کلسی تونین

1. Email: kouroshdehghan760@gmail.com
2. Email: khosrojalali@khuisf.ac.ir
3. Email: f_taghian@yahoo.com
4. Email: m.kargarfard@spr.ui.ac.ir
5. Email: abedi@iaumahallat.ac.ir

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

(۸۰/۷۰±۱۴/۲ در مقابل ۳/۷۵±۱۲/۶۷ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر، P=0.037) و کلسیم (۷۰/۶۵±۹/۰ در مقابل ۰۹/۴۷±۹/۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر، P=0.006) در گروه تمرین مقاومتی در مقایسه با گروه کنترل پس از دوازده هفته مداخله نشان داد؛ بااین‌حال، هیچ‌گونه تغییرات معنادار بین‌گروهی در متغیرهای هورمون پاراتیروئید، هیدروکسی ویتامین D3، استئوکلسین، آلکالین فسفات مشاهده نشد (P>0.05). نتیجه‌گیری: دوازده هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای موجب بهبود قابل‌توجه برخی نشانگرهای هورمونی و متابولیک استخوان در افراد سالمند می‌شود. انجام مطالعات بیشتر با پیگیری طولانی‌مدت برای تأیید این یافته‌ها باید مدنظر قرار گیرد.

واژگان کلیدی: **پوکی استخوان، متابولیسم استخوان، استئوکلسین، هیدروکسی ویتامین D3، پاراتیروئید، تمرین مقاومتی دایره‌ای، سالمند.**

مقدمه

در حال حاضر، روند پیری جمعیت در سراسر دنیا با سرعت فزاینده‌ای در حال پیشرفت است که این موضوع به امید به زندگی بیشتر مربوط می‌شود (۱)؛ به‌طوری‌که تعداد سالمندان یا افراد بیشتر از ۶۵ سال، در سطح جهانی سال به سال در حال افزایش است. در سال ۲۰۱۹، درمجموع ۷۰۳ میلیون سالمند گزارش شده است که بیشترین تعداد سالمندان در شرق و جنوب شرق آسیا (۲۶۰ میلیون نفر) و پس از آن اروپا و آمریکای شمالی (بیش از ۲۰۰ میلیون نفر) قرار دارند. در سال ۲۰۵۰ تعداد سالمندان در جهان دو برابر خواهد شد و به ۱/۵ میلیارد نفر خواهد رسید (۲). در همین راستا، سازمان بهداشت جهانی[1] گزارش کرده است که حدود ۲/۳ میلیون مرگ در هر سال به‌دلیل نبود تحرک جسمی روی می‌دهد (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۲۰). تغییر ویژگی‌های فیزیولوژیک در هنگام پیری مانند عوامل تنش‌زا، میتوکندری رو به زوال، بدشکلی در پوسچر بدنی، هورمون کمتر ساخته‌شده و کاهش کل انرژی مصرفی در یک دوره خاص ممکن است باعث بدترشدن اندام فرد سالمند شود و این فرایندها باعث آسیب تدریجی سلول های عصبی، کاهش تراکم استخوان، کاهش توده و قدرت عضلانی می‌شوند (۳).

1. WHO

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

پوکی استخوان (OP)[1] بیماری اسکلتی سیستمیک است که با کاهش تراکم مواد معدنی استخوان، کاهش کیفیت استخوان، زوال ریزمعماری بافت استخوان و توده استخوانی کم مشخص می‌شود که باعث ناراحتی، کیفیت پایین زندگی، افزایش شکنندگی استخوان و افزایش خطر شکستگی می‌شود و به بار اجتماعی-اقتصادی، عوارض و مرگ‌ومیر زیاد، کاهش تحرک عملکردی و افزایش هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی و مراقبت همراه بیمار منجر می‌شود (۴). تخمین زده شده است که بیش از ۲۰۰ میلیون زن و مرد از این بیماری رنج می‌برند و تقریباً ۷۵ میلیون نفر از مردمان ایالات متحده آمریکا، اروپا و ژاپن پوکی استخوان را تجربه می‌کنند (۵). تحلیل استخوان معمولاً با افزایش سن همراه است؛ به‌طوری‌که از دست دادن استخوان پس از ۳۵ سالگی به‌آرامی افزایش می‌یابد (۶). درمان‌های دارویی مانند بیس فسفونات‌ها، جایگزینی هورمون، رالوکسیفن، کلسیم، هورمون پاراتیروئید (PTH)[2]، ویتامین D، کلسی‌تونین، تستوسترون و استروئیدهای آنابولیک، همگی برای درمان پوکی استخوان در سال‌های اخیر استفاده شده‌اند، اما استفاده طولانی‌مدت از داروهای ضدپوکی استخوان می‌تواند باعث ایجاد مشکلات گوارشی، عفونت، استئونکروز فک، هیپوکلسمی، شکستگی‌های غیرمعمول ساب تروکانتریک فمور، افزایش خطر ابتلا به برخی سرطان‌ها و فیبریلاسیون دهلیزی شود (۷). با توجه به این نسخه‌های بالینی، تشخیص، عواقب، نظارت بر درمان و درمان پوکی استخوان از اهمیت حیاتی برخوردار است (۸).

تجزیه و تحلیل نشانگرهای گردش استخوان -شاخصی از متابولیسم استخوان- ابزار جدیدی است که پویایی بازسازی استخوان ازجمله تشکیل و تحلیل استخوان را تشخیص می دهد (۹). بازسازی استخوان با فعال‌شدن استئوکلاست‌ها و استئوبلاست‌ها تنظیم می‌شود و این بیومارکرها وضعیت کنونی نرخ گردش استخوان را منعکس می‌کنند. میزان گردش استخوان را می‌توان با تجزیه و تحلیل نشانگرهای تشکیل استخوان مانند آلکالین فسفاتاز (ALP)[3] اختصاصی-استخوان و استئوکلسین (OC)[4] و... تخمین زد (۱۰). همچنین به‌طور فعال توسط عوامل مختلفی ازجمله استئوپونتین

1. Osteoporosis
2. Parathyroid Hormone
3. Alkaline Phosphatase
4.Osteocalcin

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

(OPN)[1]، استئوپروتگرین (OPG)[2]، فعال‌کننده گیرنده لیگاند فاکتور B هسته‌ای (RANKL)[3]، PTH و ویتامین D تنظیم می‌شود که در فرایند تشکیل استخوان نقش دارند (۱۲، ۱۱). در همین راستا، پژوهش‌های بسیاری دربارهٔ نشانگرهای تشکیل استخوان همراه با فعالیت ورزشی ازجمله افزایش در هورمون پاراتیروئید محرک تشکیل استخوان، افزایش OC، افزایش ALP (۱۵-۱۳) در افراد سالمند دچار پوکی استخوان انجام شده‌اند که به نظر می‌رسد، تمام انواع فعالیت‌های ورزشی با توجه به ماهیت و نوع فعالیت اثرات مشابهی نداشته باشند.

کلسیم نیز نقش مهمی به‌عنوان یک ماده مغذی ضروری برای سلامت، تکامل و حفظ استخوان ایفا می‌کند؛ بااین‌حال، مطالعات قبلی نشان داده‌اند، افزایش بیش از حد کلسیم سرم با افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی ارتباط دارد (۱۷، ۱۶) که به درک اثرات بالقوه کلسیم سرم بر سلامت استخوان و مراقبت از فواید سلامتی نیاز است؛ بنابراین بررسی تغییرات در نشانگرهای گردش استخوان در پاسخ به فعالیت ورزشی برای شناسایی مکانیسم‌های پاسخ استخوان ضروری است (۱۸). تمرینات ورزشی، ورزش‌های تحمل وزن و تمرینات قدرتی با حفظ تراکم مواد معدنی استخوان (BMD)[4] و افزایش تمایز و فعالیت‌های استئوبلاست‌ها همراه هستند که تأثیری مستقیم بر تولید استئوکلسین، آلکالین فسفاتاز اختصاصی استخوان (ALP)، ۲۵ هیدروکسی ویتامین D و هورمون پاراتیروئید دارد که به تمرینات ورزشی و ورزش‌های تحمل وزن حساس‌تر است (۲۰، ۱۹). نشان داده شده است که بار مکانیکی فعالیت‌های بدنی با شدت زیاد (مانند پریدن و دویدن) توده استخوانی را در انسان افزایش می‌دهد (۲۱). علاوه بر این، فعالیت‌های تأثیرگذار مانند تحمل وزن با شدت زیاد و پریدن، احتمال استخوان‌زایی بیشتری در مقایسه با فعالیت‌های بدون تحمل وزن یا کم‌شدت مانند شنا و پیاده‌روی دارد (۲۲). مطالعات فراتحلیل نشان داده‌اند، تمرینات پویا و مقاومتی برای افزایش BMD مناسب است (۲۴، ۲۳). گزارش شده است که تمرین ورزشی حاد، کوتاه‌مدت و طولانی‌مدت، نشانگرهای تنظیم‌کننده بازسازی استخوان مانند OC، CTX[5]، OPN، OPG، RANKL، PTH و کلسیم را افزایش

1. Osteopontin
2. Osteo Protegrin
3. Receptor Activator of NF-κB (RANK)
4. Bone Mineral Density
5. Carboxy-Terminal Collagen Crosslinks

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

داد (۲۶، ۲۵). در همین راستا، اسکات[1] و همکاران گزارش کردند، تمرین ورزشی حاد با تحمل وزن باعث افزایش سطح سرمی OPG، کلسیم و PTH می‌شود (۲۷). لستر[2] و همکاران گزارش کردند، تمرین ترکیبی هوازی و مقاومتی به‌مدت هشت هفته به‌طور قابل‌توجهی سطح سرمی OC را در افراد جوان افزایش می‌دهد(۲۶). فعالیت بدنی و بارهای مکانیکی، سیگنال‌های مکانیکی مانند جریان مایع، اثر آنابولیک بر تنش دینامیکی بافت استخوانی را افزایش می‌دهند، بیان فشردگی نشانگرهای استخوانی را تنظیم می‌کنند و همچنین استئوسیت‌های ساکن را از طریق شیفت مایع در شبکه کانالی آن‌ها و نشانگرهای بیوشیمیایی تشکیل استخوان و فشار هیدرواستاتیک تحریک می‌کنند. این سیگنال‌های مکانیکی تمایز استخوان‌زایی را افزایش می‌دهند؛ درحالی‌که تمایز چربی‌زایی را مهار می‌کنند. این امر می‌تواند یکی از دلایلی باشد که چرا فعالیت ورزشی از پوکی استخوان جلوگیری می‌کند و سلامت استخوان را بهبود می‌بخشد (۲۸، ۲۵). تا آنجا که می‌دانیم، کمتر مطالعه‌ای تأثیر تمرین مقاومتی دایره‌ای بر نشانگرهای متابولیک استخوان و هورمونی را در مردان سالمند بررسی کرده است؛ بنابراین، این پژوهش به‌منظور بررسی اثرات طولانی‌مدت تمرین مقاومتی دایره‌ای بر نشانگرهای متابولیک و هورمونی در مردان سالمند مبتلا به سارکوپنیا استخوان طراحی شد. با توجه به مطالعات قبلی، به نظر می‌رسد استفاده از شیوه‌های تمرین مقاومتی دایره‌ای در بازتوانی و بهبود نشانگرهای متابولیک استخوان و هورمونی کمتر مدنظر قرار گرفته است و تأثیر آن بیشتر بر چگالی مواد استخوانی و فاکتورهای آمادگی جسمانی و به‌خصوص قدرت عضلانی و همچنین اغلب از نوع تمرینات مقاومتی با شدت پایین بررسی شده است. با توجه به مطالب ذکرشده و همچنین بحث‌های ضد و نقیض زیادی که در بین کارشناسان درباره استفاده از تمرینات مقاومتی (دایره‌ای) وجود دارد، با انجام این پژوهش به بسیاری از ابهام‌ها پاسخ داده خواهد شد؛ بنابراین در پژوهش حاضر، تأثیر دوازده هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای بر شاخص‌های ترکیب بدنی، نشانگرهای سرمی و هورمونی مرتبط با متابولیسم استخوان در مردان سالمند بررسی شده است.

1. Scott
2. Lester

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

روش پژوهش

این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون همراه با گروه کنترل بود. مردان سالمند سنین ۶۵ تا ۷۵ سال مراجعه‌کننده به کانون بازنشستگان شهرستان شهرضا جامعه آماری پژوهش را تشکیل دادند. حجم نمونه براساس نرم‌افزار G*Power در سطح آلفای ۰/۰۵، اندازه اثر ۰/۶ و توان آماری ۰/۸، ۳۰ بیمار مرد دچار بیماری پوکی استخوان برآورد شد. نمونه‌های پژوهش از بین مردان سالمند دچار سارکوپنیای مراجعه‌کننده به کانون بازنشستگان شهرستان شهرضا و واجد شرایط ورود به این پژوهش، به‌شکل هدفمند و با دریافت رضایت‌نامه آگاهانه انتخاب شدند.

معیارهای ورود آزمودنی‌ها به پژوهش عبارت بود از: ۱. ابتلا به بیماری پوکی استخوان که حداقل سه تا پنج سال از زمان تشخیص آن گذشته باشد و تشخیص بیماری آن‌ها نیز براساس معاینه‌های بدنی و آزمایش DEXA[1] به‌وسیله پزشک متخصص تأیید شده باشد (-1> T-Score>-2.5)؛ ۲. جنسیت مرد با دامنه سنی ۶۵ تا ۷۵ سال، ۳. مبتلانبودن به بیماری‌های قلبی- عروقی، تنفسی، پوستی و عصبی- عضلانی؛ ۶) توانایی شرکت منظم در جلسات تمرینی براساس پرسشنامه فعالیت بدنی؛ ۷. شرکت منظم نکردن در برنامه‌های بازتوانی و ورزشی دیگر به غیر از برنامه تجویزشده در پژوهش حاضر. معیارهای خروج آزمودنی‌ها از مطالعه عبارت بود از: ۱. غیبت بیش از پنج جلسه در طول دوره تمرینی؛ ۲. عود بیماری در طول مطالعه؛ ۳. ابتلا به بیماری‌های خاص از قبیل بیماری‌های پوستی، کوید-۱۹ یا مشکلاتی که با شرکت‌کردن در مطالعه برای آزمودنی‌ها مضر باشد؛ ۴. شرکت‌نکردن در جلسات آزمون‌گیری. شایان ذکر است، همه شیوه‌های مداخله‌های درمانی و ورزشی توسط کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان با شناسه کد اخلاق IR.IAU.KHUISF.REC.1400.090 تأیید شد.

پس از ارزیابی اولیه و تأیید بیماری پوکی استخوان براساس معاینه‌های بدنی و آزمایش DEXA توسط پزشک متخصص، ۳۰ بیمار براساس نمره‌های پوکی استخوان به‌صورت هدفمند انتخاب شدند و سپس به‌صورت تصادفی در دو گروه تمرین مقاومتی دایره‌ای (۱۵ نفر) و گروه کنترل (۱۵ نفر) قرار گرفتند. یک هفته قبل از اجرای پروتکل اصلی و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی، متغیرهای مطالعه‌شده از قبیل وزن، شاخص توده بدنی (BMI)[2]، وزن بدون چربی (LBM)[3]، وزن بافت نرم (SLM)[4] و وزن

1. Dual Energy X-Ray Absorptiometr
2. Body Mass Index
3. Lean Body Mass
4. Soft Lean Body Mass

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

عضله اسکلتی (SMM)[1] (با استفاده از دستگاه بادی کامپوزیشن (Analyzer Body Composition، مدل X-CONTACT 356 ساخت کمپانی Jawon Medical کره جنوبی با سه فرکانس ۵ و ۵۰ و ۲۵۰ کیلوهرتز)، سنجش تراکم استخوانی (با استفاده از دستگاه DEXA، مارک DMS مدل STRATOSساخت کشور فرانسه) به‌صورت خوابیدنی از دو قسمت مهره‌های کمری و لگن، مدت‌زمان قرارگیری درمعرض نور خورشید، هورمون‌های پاراتیروئید و هیدروکسی ویتامین D3 و نشانگرهای متابولیک شامل سطوح آلکالین فسفاتاز، استئوکلسین سرم و کلسیم، از هر دو گروه اندازه‌گیری و ثبت شد.

گفتنی است، بعد از تکمیل رضایت‌نامه و پرسشنامه آگاهی‌های پزشکی-ورزشی و تشریح روند پژوهش، به آزمودنی‌ها توصیه شد که از انجام هرگونه فعالیت بدنی شدید، مصرف دارو، مکمل غذایی، مصرف قهوه، چای، دخانیات، کاکائو تا ۴۸ ساعت قبل از انجام آزمون‌ها خودداری کنند.

پروتکل تمرین مقاومتی: آزمودنی‌های گروه تمرین در یک دوره برنامه کامل تمرینات مقاومتی دایره‌ای (شامل دوازده هفته متوالی، سه جلسه در هفته و هر جلسه به‌ترتیب بین ۳۵-۷۵ دقیقه و تعداد تکرارهای هر ست ۱۲-۲۰ حرکت با شدت‌های ۳۰-۵۵ درصد یک تکرار بیشینه آزمودنی‌ها) به‌صورت انفرادی و با توجه به توانایی‌های فیزیولوژیک‌شان و براساس نتایج آزمون اولیه در باشگاه ورزشی میلان شهرضا، زیرنظر مربیان مجرب بدنسازی مرتبط شرکت کردند (جدول شماره یک). در طول دوره مطالعه، گروه کنترل در هیچ‌یک از برنامه‌های ورزشی شرکت نکردند و فقط با انجام فعالیت‌های روزمره خود پیگیری شدند. در جلسات ابتدایی، مربی درمورد برنامه کلاس و نحوه اجرای تمرینات، ویژگی‌های تمرینات با وزنه و... با آزمودنی‌ها صحبت کرد. از آزمودنی‌ها خواسته شد در صورت احساس خستگی یا ناتوانی و مواجهه با هر مشکلی در داخل یا در فواصل بین جلسات تمرین، حتماً آن مشکل را با مربی و پژوهشگر مطرح کنند. بعد از حدود ۱۵ دقیقه صحبت، آزمودنی‌ها شروع به انجام حرکات زیرنظر مربی و برنامه تمرینی مدنظر کردند. در بقیه جلسات این دوره، مدت‌زمان هر جلسه تمرین به این صورت بود: دوازده جلسه اول ۳۵-۴۵ دقیقه، دوازده جلسه دوم ۴۵-۶۰ دقیقه و دوازده جلسه سوم ۶۰-۷۵ دقیقه بود که هر جلسه به سه مرحله تقسیم می‌شد:

۱. مرحله گرم‌کردن حدود ۱۰ دقیقه بود. در طول این مرحله آزمودنی‌ها با انجام حرکات ساده کششی و استفاده از دستگاه‌هایی همچون تردمیل، اسکی فضایی، دوچرخه و... بدن خود را برای اجرای برنامه اصلی تمرین آماده کردند؛

1. Skelet Musle Mass

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

۲. مرحله اصلی تمرین ۲۰-۵۰ دقیقه بود. در این مرحله تمرینات اصلی مربوط به هر جلسه به‌تفکیک هرجلسه به‌ترتیب با شدت ۳۰-۵۵ درصد یک تکرار بیشینه (1RM) تجویز شد و تمرین‌ها در ۱۰ حرکت پایین‌تنه و بالاتنه یک در میان و به‌صورت دایره‌ای انجام شد که به‌ترتیب عبارت بود از: پرس پا با دستگاه، پرس سینه دستگاه، پشت ران دستگاه، باتر فلای با دستگاه، حرکت دراز و نشست (انواع مختلف)، لت از جلو با دستگاه، سرشانه از جلو با دستگاه، پشت بازو ایستاده با دستگاه (سیم‌کش)، ساق پا نشسته با دستگاه، جلو بازو کابل با دستگاه روی شیب در دوازده هفته که هر هفته سه جلسه یک روز در میان و هر حرکت ۱۰-۱۵ تکرار انجام شد. دوازده جلسه اول یک دور با ۴۵ ثانیه استراحت بین هر حرکت، دوازده جلسه دوم دو دور با ۴۵ ثانیه استراحت بین هر حرکت و سه تا چهار دقیقه استراحت بین هر دور و دوازده جلسه سوم سه دور با ۴۵-۶۰ ثانیه استراحت بین هر حرکت و چهار تا پنج دقیقه استراحت بین هر دور انجام شد؛

۳. مرحله سردکردن ۵-۱۰ دقیقه بود که آزمودنی‌ها با انجام حرکات کششی، راه‌رفتن آرام و انجام حرکات ساده با شدت کم، سردکردن را انجام دادند. آزمودنی‌ها تمرینات منتخب مقاومتی (دایره‌ای) را با شدت‌های متفاوت در ساعات متفاوت ۹-۱۰ و ۱۰-۱۱، براساس اندازه‌گیری قدرت عضلات یک تکرار بیشینه هریک از حرکات که در پیش‌آزمون به آن دست یافته بودند، انجام دادند. در هر جلسه قبل از شروع تمرین ۱۰ دقیقه تمام عضلات تحت کشش قرار گرفت و بدن کاملاً گرم شد. حرکت دراز و نشست در هر دور ۳۰-۶۰ ثانیه انجام شد. حرکت ساق پا در هر دور یک ست بیشینه انجام شد. مایعات در بین تمرین استفاده شد. در پایان تمرینات ۱۰ دقیقه حرکات کششی انجام شد. در صورت هرگونه مشکل یا سؤالی با مربی و مسئول مرتبط مشورت شد (۳۰، ۲۹).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

جدول ۱- برنامه تمرین مقاومتی (دایره‌ای) برای سالمندان مرد بیشتر از ۶۵ سال به‌مدت ۱۲ هفته (۳۶ جلسه)

Table 1- Resistance training program (circular) for elderly men over 65 years for 12 weeks (36 sessions)

استراحت بین هر ست (ثانیه) Rest between each set (seconds)	استراحت بین هر دور (دقیقه) Rest between each round (minutes)	مقاومت (٪) Resistance (٪)	تکرار (تعداد) Repetition (number)	دور (تعداد) Round (number)	جلسه (هفته) Session (week)	هفته Week
45	-	30-35	12-20	1	3	1-4
45	3-4	35-45	12-15	2	3	5-8
	4-5	45-55	12	3	3	9-12

* در هر جلسه قبل از شروع تمرین و بعد از تمام‌شدن تمرین، ۱۰ دقیقه تمام عضلات تحت کشش قرار می‌گیرد و بدن کاملاً گرم و سرد می‌شود.

***In each session, before the start of the workout and after the end of the workout, all the muscles are stretched for 10 minutes and the body is completely warmed and cooled**

سنجش هورمون‌ها: برای ارزیابی متغیرهای بیوشیمیایی، ۱۰ سی‌سی خون سیاهرگی از ورید بازویی دست چپ پس از ۱۰ تا ۱۲ ساعت ناشتایی، ۲۴ ساعت پیش از اولین جلسه تمرین و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین (پایان هفتهٔ دوازدهم)، درساعت ۸ تا۱۰ صبح داخل لوله‌های حاوی مادهٔ ضدانعقاد خون (EDTA) جمع‌آوری شد.سپس ویال ها بلافاصله با سرعت ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد (شرکت آلمانی با نام Eppendorf) و با واحد دور در دقیقه revolutions per minute (RPM) یا relative centrifugal force (RCF) سنجیده شد و سرم به‌دست‌آمده تا زمان آزمایش در دمای۸۰- درجهٔ سانتی‌گراد در فریزر نگهداری شد. سطوح هورمون‌های پاراتیروئید و هیدروکسی ویتامین D3 به روش الایزا با استفاده از کیت تحقیقاتی System Parathyroid Hormone, Intact (pth) 2nd Generation Test شرکت lncMonobindساخت کشور آمریکا مخصوص نمونه‌های انسانی و کیت تحقیقاتی 25-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 همه

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

سنجش‌ها استفاده شد. براساس جذب نوری استاندارد صفر و منهای سه‌برابر انحراف معیار (SD) حداقل غلظت25-OH Vitamin D قابل‌تشخیص در این کیت ng/ml ۳/۵ است و مقادیر کمتر از آن می‌باید به‌صورت ng/ml ۳/۵ > گزارش شود .

پس از جمع‌آوری داده ها، برای بررسی طبیعی‌بودن توزیع داده‌ها در حالت پایه از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. در ادامه با توجه به اینکه اختلاف معناداری بین متغیرهای مطالعه‌شده در گروه‌های تمرین و کنترل قبل از شروع مطالعه با استفاده از آزمون تی مستقل مشاهده نشد، برای تعیین اثرات دوازده هفته مطالعه بر متغیرهای وابسته در هریک از گروه‌ها، از آزمون تی وابسته و برای مقایسه بین‌گروهی از تحلیل کوواریانس استفاده شد. همه عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار اس‌پی‌اس‌اس نسخه ۲۳ در سطح معناداری $P\leq 0.05$ انجام شد.

نتایج

هنگام ورود به مطالعه، هریک از گروه‌ها (کنترل و مقاومتی) در هریک از مشخصات بدنی و هورمونی، نیم‌رخ مشابهی داشتند که نتایج آن در جدول شماره دو آمده است. براساس یافته‌های جدول شماره دو، هیچ تفاوت معناداری از نظر سن، وزن، شاخص توده بدنی، وزن بدون چربی، وزن چربی و وزن عضله اسکلتی، بین مردان سالمند در گروه‌های مقاومتی و کنترل مشاهده نشد (P>0.05).

جدول ۲- مقایسه ویژگی‌های بدنی گروه‌های شرکت‌کننده در پژوهش در حالت پایه

Table 2- Comparison of physical characteristics of groups participating in basic research

معناداری Sig	کنترل (۱۵ نفر) Control (15)	مقاومتی (۱۵ نفر) Resistance (15)	متغیر (گروه) Variable (Group)
0.39	67.4 ± 7	69.2 ± 7	سن (سال) Age
0.57	167.4 ± 19	164.66 ± 13	قد (سانتی‌متر) Height (cm)
0.66	72.2 ± 33.8	69.2 ± 17.4	وزن (کیلوگرم) Weight (kg)
0.36	25.67 ± 12.5	27.62 ± 7	شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع) BMI (kg/m^2)

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

ادامهٔ جدول ۲- مقایسه ویژگی‌های بدنی گروه‌های شرکت‌کننده در پژوهش در حالت پایه

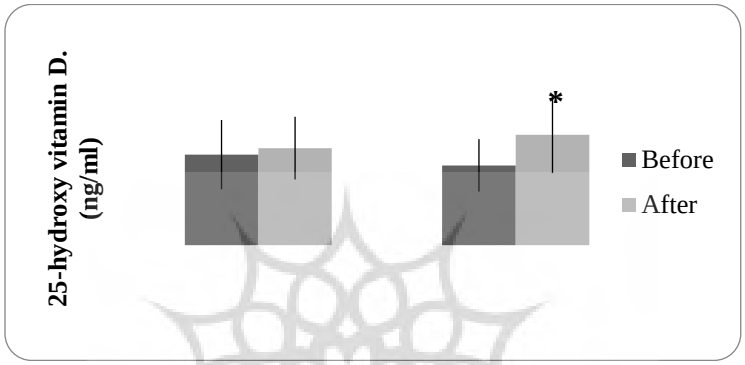
Table 2- Comparison of physical characteristics of groups participating in basic research

معناداری Sig	کنترل (۱۵ نفر) Control (15)	مقاومتی (۱۵ نفر) Resistance (15)	متغیر (گروه) Variable (Group)
0.9	55.26 ± 24.8	51.33 ± 12.5	وزن بدون چربی (کیلوگرم) LBM (kg)
0.92	50.96 ± 23.3	51.91 ± 12	وزن بافت نرم (کیلوگرم) Soft tissue weight (kg)
0.98	30.3 ± 13.9	3046 ± 7.1	وزن عضله اسکلتی (کیلوگرم) Skeletal muscle weight (kg)
			تراکم مواد معدنی بدن (گرم/سانتی‌متر مربع) BMD (g / cm^2)
0.91	0.4 ± 92.04	0.0 ± 92.3	گردن استخوان ران Thigh neck
0.57	167.4 ± 19	164.66 ± 13	مهره‌های کمری Lumbar vertebrae

نشانگرهای متابولیک و هورمونی: نتایج آزمون‌های تی همبسته و تحلیل کوواریانس برای نشانگرهای متابولیک و هورمونی گروه‌های تمرین مقاومتی و کنترل، به‌همراه سطح معناداری در شکل‌های شماره یک تا شماره هفت آورده شده است. براساس تجزیه و تحلیل آزمون تی همبسته در شکل‌های مذکور، افزایش معناداری در هورمون هیدروکسی ویتامین D3، هورمون پاراتیروئید، مدت‌زمان قرارگیری درمعرض نور خورشید، استئوکلسین، کلسی‌تونین و کلسیم وجود داشت و همچنین کاهش معناداری در سطوح آلکالین فسفات در مردان سالمند شرکت‌کننده در تمرین مقاومتی در مقایسه با حالت پایه پس از دوازده هفته مداخله مشاهده شد ($P<0.05$)؛ درحالی‌که این تفاوت برای متغیرهای مطالعه‌شده در گروه کنترل معنادار نبود ($P>0.05$). نتایج تحلیل کوواریانس نیز افزایش معناداری را در مدت‌زمان قرارگیری درمعرض نور خورشید (۱۳/۹۳±۵۷/۶ در مقابل ۵۳/۹۱±۴۷/۶، $P=0.001$، شکل شماره چهار)، سطوح کلسی‌تونین (۸۰/۷۰±۱۴/۲ در مقابل ۶۷/۷۵±۱۲/۳، $P=0.037$، شکل شماره شش) و کلسیم (۷۰/۶۵±۹/۰ در مقابل ۰/۴۷±۹/۰۹، $P=0.006$، شکل شماره هفت) در گروه تمرین مقاومتی در مقایسه با گروه کنترل پس از دوره مطالعه نشان داد. پس از دوازده هفته مداخله تمرین مقاومتی، سطوح هورمون هیدروکسی ویتامین D3،

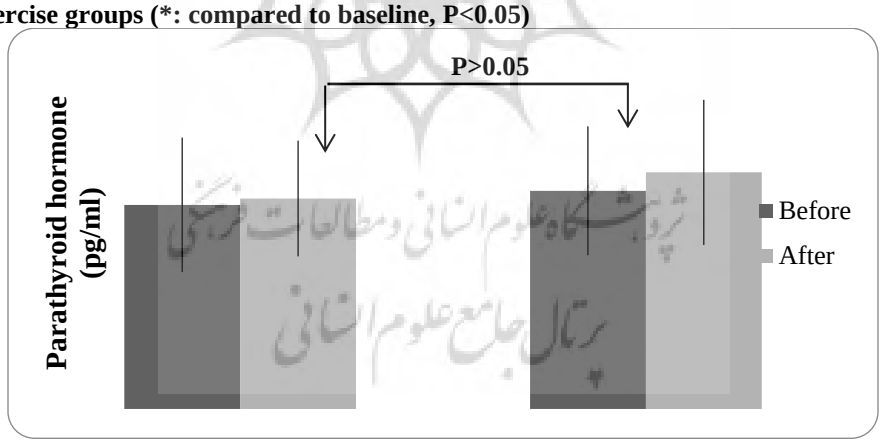
Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

PTH و استئوکلسین گرایش به افزایش نشان دادند و همچنین سطوح آلکالین فسفات گرایش به کاهش نشان داد، اما این تغییرات درخور توجه در متغیرهای ذکرشده، از نظر آماری تفاوت معناداری را بین گروه‌های تمرین مقاومتی و کنترل نشان نداد (P>0.05)، (شکل‌های شماره یک، شماره دو، شماره سه و شماره پنج).



شکل ۱- سطوح هیدروکسی ویتامین D_3 قبل و بعد از مداخله در گروه‌های کنترل و تمرین (*: در مقایسه با حالت پایه، P<0.05)

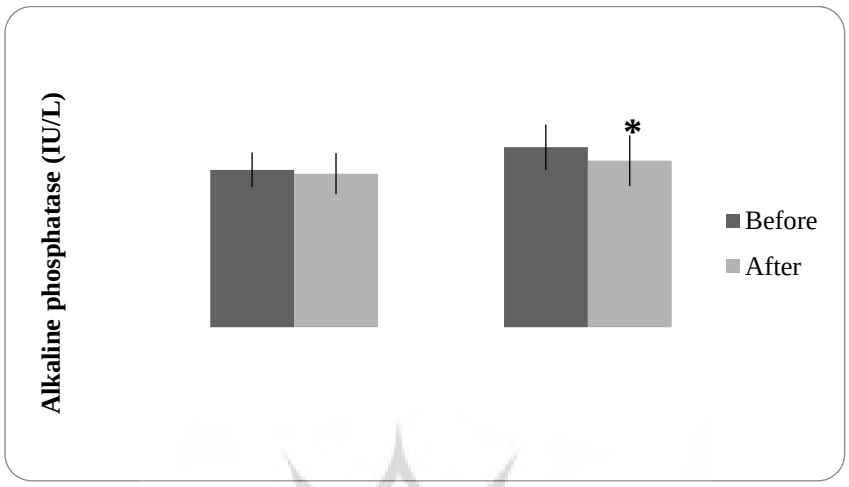
Figure 1- 25- hydroxyl vitamin D levels before and after intervention in control and exercise groups (*: compared to baseline, P<0.05)



شکل ۲- سطوح هورمون پاراتیروئید قبل و بعد از مداخله در گروه‌های کنترل و تمرین (*: در مقایسه با حالت پایه، P<0.05)

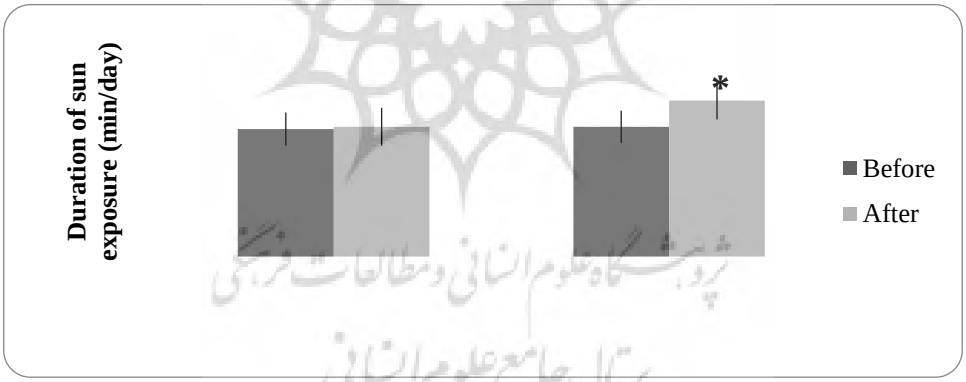
Figure 2- Parathyroid hormone levels before and after intervention in control and exercise groups (*: compared to baseline, P<0.05).

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License



شکل ۳- سطوح آلکالین فسفات قبل و بعد از مداخله در گروه‌های کنترل و تمرین (*: در مقایسه با حالت پایه، P<0.05)

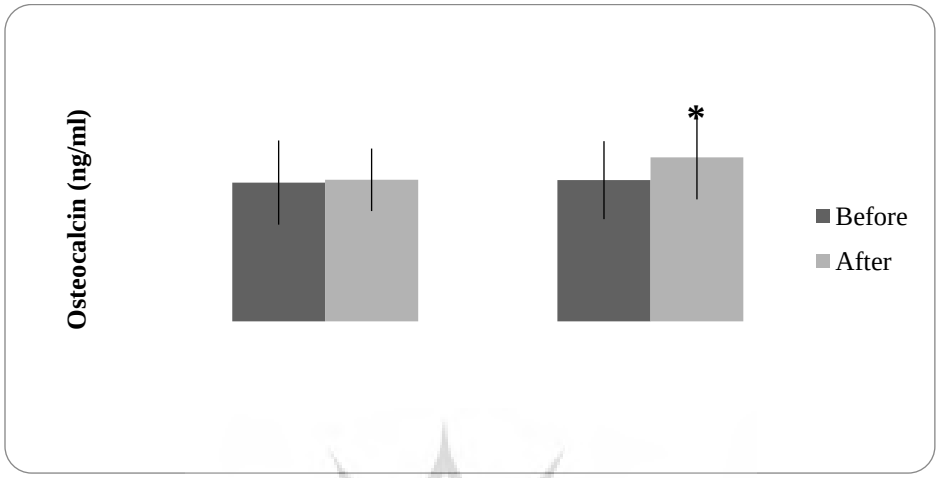
Figure 3- Alkaline phosphatase levels before and after intervention in control and exercise groups (*: compared to baseline, P<0.05)



شکل ۴- مدت‌زمان قرارگیری درمعرض نور خورشید قبل و بعد از مداخله در گروه‌های کنترل و تمرین (P<0.05، در مقایسه با گروه کنترل)

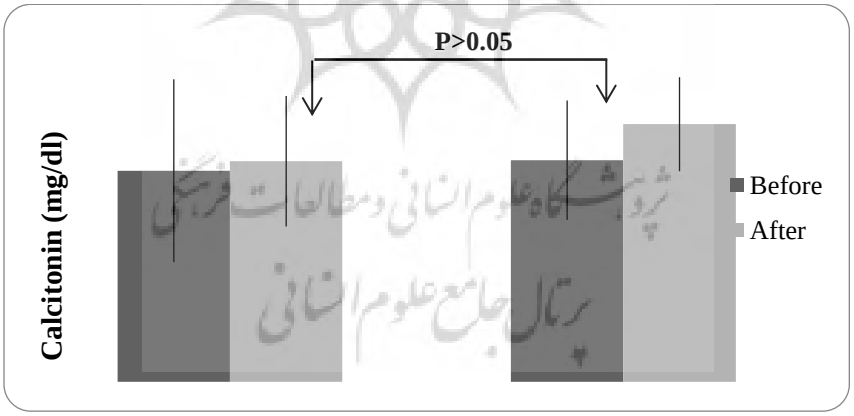
Figure 4-Duration of sun exposure before and after the intervention in control and training groups (P<0.05 compared with the control group)

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License



شکل ۵- سطوح استئوکلسین قبل و بعد از مداخله در گروه‌های کنترل و تمرین (*: در مقایسه با حالت پایه، P<0.05)

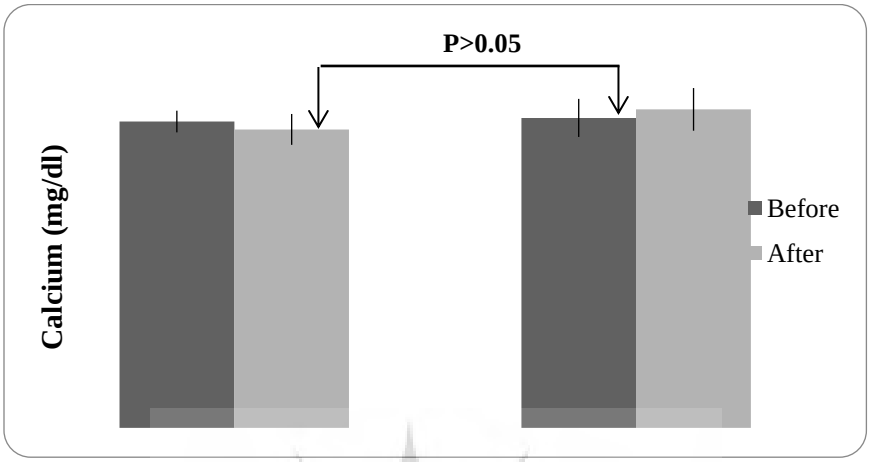
Figure 5- Osteocalcin levels before and after intervention in control and exercise groups (*: compared to baseline, P<(0.05)



شکل ۶- سطوح کلسی تونین قبل و بعد از مداخله در گروه‌های کنترل و تمرین (P<0.05، در مقایسه با گروه کنترل)

Figure 6- Calcitonin levels before and after intervention in control and exercise groups (P<0.05, compared with control group)

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License



شکل ۷- سطوح کلسیم قبل و بعد از مداخله در گروه‌های کنترل و تمرین

Figure 7- Calcium levels before and after intervention in control and exercise groups

بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف اثر دوازده هفته تمرین مقاومتی بر نشانگرهای متابولیک و هورمونی توده استخوان مردان سالمند طراحی شد. یافته‌های اصلی این مطالعه، افزایش معناداری را در هورمون پاراتیروئید، هیدروکسی ویتامین D3، مدت‌زمان قرارگیری درمعرض نور خورشید، استئوکلسین، کلسی‌تونین و کلسیم نشان داد و کاهش معناداری را در سطوح آلکالین فسفات در گروه مردان سالمند شرکت‌کننده در تمرین مقاومتی در مقایسه با حالت پایه نشان داد؛ درحالی‌که این مقادیر در گروه کنترل تغییر معناداری نکرد. علاوه بر این، نتایج تحلیل کوواریانس، فقط افزایش معناداری را در متغیرهای مدت‌زمان قرارگیری درمعرض نور خورشید، سطوح کلسی‌تونین و کلسیم در گروه تمرین مقاومتی در مقایسه با گروه کنترل پس از دوازده هفته دوره مداخله نشان داد؛ بااین‌حال، دوازده هفته مداخله برای ایجاد تغییر معنادار در متغیرهای هورمون پاراتیروئید، هیدروکسی ویتامین D3، استئوکلسین و آلکالین فسفات بین گروه های تمرین و کنترل کافی نبود.

مطالعات قبلی اثرات کوتاه‌مدت فعالیت‌های بدنی مختلف ازجمله پیاده‌روی (۳۱، ۲۸)، دویدن در فضای باز (۳۲)، فعالیت‌های ورزشی هوازی (۳۴، ۳۳، ۲۷)، تمرین مقاومتی (۳۶، ۳۵) و دوچرخه‌سواری (۳۸، ۳۷) را بر تراکم استخوان گزارش کردند. در همین راستا، در مطالعه‌ای

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

سیستماتیک، گومز- کابلو[1] و همکاران اثرات برنامه‌های تمرینی مختلف بر گردش استخوان را خلاصه کردند. آن‌ها دریافتند که تنها، راه‌رفتن به‌دلیل اینکه به‌طور متوسط بارهای واردشده روی اسکلت بر خلاف جاذبه زمین اعمال می‌کند، به‌عنوان فعالیت ورزشی که از پوکی استخوان در افراد مسن جلوگیری کند، کارآمد نیست؛ درحالی‌که، تمرین مقاومتی/تمرینات قدرتی به‌عنوان محرکی قوی برای بهبود و حفظ توده استخوانی در طول فرایند پیری عمل می‌کند. علاوه بر این، برنامه‌های ورزشی ترکیبی یا چندجزئی شامل تمرین قدرتی، هوازی و فعالیت‌های با تحمل وزن زیاد، همچنین ارتعاش کل بدن به‌تنهایی یا در ترکیب با فعالیت‌های ورزشی ممکن است به افزایش یا حداقل پیشگیری از آن کاهش توده استخوانی که با افزایش سن روی می‌دهد، به‌ویژه در افراد سالمند کمک کند (۳۹). با توجه به فرضیه پژوهش که در این مطالعه به آن پرداخته شده است، تغییرات ایجادشده در متغیرهای مطالعه‌شده از قبیل برخی نشانگرهای استخوانی، متابولیک و هورمونی در مردان سالمند با سندرم استئوپروزیس، بعد از دوازده هفته تمرین مقاومتی درخور توجه بود. براساس دانش ما، تنها در چند مطالعه محدود تلاش شده است اثرات تمرین ورزشی بر نشانگرهای استخوانی، متابولیک و هورمونی در جمعیت‌های مسن بررسی شود.

در این مطالعه سطوح سرمی ALP در گروه تمرین مقاومتی در مقایسه با گروه کنترل تغییر نکرد؛ اگرچه مطالعات قبلی افزایش (۴۱، ۴۰)، کاهش (۴۲، ۳۶) و تغییرنکردن (۴۳، ۳۱) سطوح سرمی ALP پس از فعالیت بدنی را گزارش کرده‌اند. معظمی و جمالی در راستای نتایج مطالعه حاضر بیان کردند، شش ماه تمرین هوازی نمی‌تواند به‌طور قابل‌توجهی سطح سرمی ALP را در زنان چاق تغییر دهد (۴۴) که با نتیجه پژوهش حاضر همخوانی دارد. بدون در نظر گرفتن تفاوت‌های قابل‌توجه بین دو مطالعه، فعالیت ورزشی هوازی نیروی لازم را برای ایجاد تغییرات متابولیک بهینه روی بافت استخوانی ایجاد نکرده است. علاوه بر این، همسو با نتایج مطالعه حاضر، گومبوس[2] و همکاران تفاوت معناداری بعد از دوازده هفته تمرین مقاومتی درسطح سرمی ALP در زنان مسن مشاهده نکردند (۴۵). به نظر می‌رسد، فعالیت ورزشی به‌تنهایی تغییرات قابل‌توجهی را در سطوح ALP، به‌ویژه در زنان مسن مبتلا به پوکی استخوان ایجاد نکرده بود؛ درحالی‌که در مطالعه حسن‌زاده و همکاران گزارش شد که ترکیب فعالیت ورزشی با مکمل کلسیم و ویتامین D، تغییرات قابل‌توجهی در سطح ALP سرم در زنان یائسه ایجاد کرد (۴۶) که با نتایج پژوهش حاضر ناهمسوست. براساس نتایج پژوهش‌ها، واضح است که پاسخ مارکرهای بیوشیمیایی متابولیسم استخوان به نوع و شدت فعالیت

1. Gomez-Cabello
1. Gombos

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

ورزشی انجام‌شده بستگی دارد. از طرفی در مطالعه حاضر سطوح سرمی ویتامین D در گروه تمرین مقاومتی به‌طور معناداری افزایش یافت که در مقایسه با گروه کنترل به‌طور قابل‌توجهی تغییر نکرد. به نظر می‌رسد، یکی از دلایل اصلی تغییر قابل‌توجه نکردن سطح نشانگرهای گردش استخوان در مطالعه حاضر، ناکافی‌بودن مصرف کلسیم و ویتامین D حتی در رژیم غذایی شرکت‌کنندگان باشد که به‌شدت می‌تواند بر نتایج مطالعه تأثیر بگذارد. نشان داده شده است که عضله و استخوان، هر دو بافت مکانیکی هستند، اما به نظر می‌رسد افراد جوان‌تر واکنش مکانیکی بیشتری به سیگنال های میوژنیک و استئوژنیک، هورمون‌ها، فاکتورهای رشد و سیتوکین‌ها در مقایسه با افراد بزرگسال دارند (۴۶). نشانگرهای بیوشیمیایی متابولیک استخوان تغییرات متابولیسم استخوان را سریع‌تر از تغییرات در BMD که معمولاً برای مانیتورینگ پوکی استخوان استفاده می‌شود، نشان می‌دهد. علاوه بر این، نشانگرهای متابولیک استخوان اطلاعات مهمی مانند سرعت بازسازی استخوان با تغییر شکل‌گیری استخوان و تحلیل و همچنین ارزیابی و شناسایی اثربخشی فعالیت ورزشی را فراهم می‌کنند (۴۷).
نتایج مطالعه حاضر نشان داد، سطح ویتامین D سرم (۶۱/۲۳ درصد، $P<0.05$) و PTH سرم (۸/۵۹ درصد، $P<0.05$) در گروه تمرین پس از دوازده هفته تمرین مقاومتی در مقایسه با حالت پایه به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافت؛ درحالی‌که این تفاوت بین دو گروه معنادار نبود. به نظر می‌رسد، یکی از دلایل اصلی تغییر قابل‌توجه نکردن در سطح نشانگرهای گردش استخوان در مطالعه حاضر، ناکافی‌بودن مصرف کلسیم و ویتامین D حتی در رژیم غذایی شرکت‌کنندگان باشد که به‌شدت می‌تواند بر نتایج مطالعه تأثیر بگذارد. ویتامین D نقش مهمی در تقویت جذب روده‌ای فسفات و کلسیم دارد (۴۸) و شرکت در فعالیت بدنی منظم محرک شناخته‌شده سطح ویتامین D سرم است (۴۹). مطابق با نتایج حاضر، کیم[1] و همکاران افزایش معنادار ویتامین D را پس از چهار ماه تمرین تحمل وزن بدن مشاهده کردند (۵۰). جوسه و همکاران گزارش دادند، سطح ویتامین D سرم پس از دوازده هفته تمرین مقاومتی به‌طور قابل‌توجهی در زنان جوان افزایش یافت، اما سطح PTH تغییر معناداری نداشت (۴۸). نتیجه درخور توجه در مطالعه حاضر این است که در گروه تمرین مقاومتی هر دو سطح ویتامین D و PTH پس از سه ماه مداخله ورزشی در گروه تمرین افزایش یافت. به‌طورکلی، سطح کلسیم سرم توسط ویتامین D و هورمون PTH واسطه می‌شود و تغییرات در این سطوح ممکن است معدنی‌شدن استخوان را افزایش یا کاهش دهد. فرض بر این است که افزایش سطح PTH ممکن است به حفظ سطح کلسیم سرم کمک کند؛ بنابراین ممکن است PTH برای

1. Kime

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

هموستازکلسیم افزایش یابد. کیم و همکاران تغییر معناداری را در سطح هورمون PTH پس از چهار ماه تمرین تحمل وزن بدن مشاهده نکردند (۵۰) که با نتیجه پژوهش حاضر همخوانی دارد، اما نتیجه پژوهش حاضر با یافته‌های مطالعه مقدسی پور که گزارش کردند دوازده هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای افزایش قابل‌توجهی در سطوح هورمون PTH در زنان جوان سالم وکم‌تحرک ایجاد کرد (۵۱)، همخوانی ندارد. نویسندگان فرض کردند که افزایش هورمون PTH پس از تمرین مقاومتی ممکن است فعالیت‌های آنابولیک را در متابولیسم استخوان تقویت کند؛ بااین‌حال، توضیح روابط مستقیم یا مکانیسم فیزیولوژیک بین متغیرها در مطالعه حاضر و نتایج متناقض مشاهده‌شده در مطالعات قبلی دشوار است. در مطالعه پیلچ[1] و همکاران نیز گزارش شد که پیاده‌روی سریع به‌مدت شش هفته به‌طور قابل‌توجهی ویتامین D سرم در زنان یائسه را کاهش داد (۵۲). ایوانز[2] و همکاران نیز گزارش دادند، با برنامه تمرین منتخب به‌مدت چهار ماه به‌طور قابل‌توجهی ویتامین D سرم در مردان کاهش یافت؛ درحالی‌که این مقادیر در زنان درسطح پایه باقی ماند (۵۳). ویتامین D عاملی مهم برای سلامت استخوان است و کمبود آن منجر به پوکی استخوان و CVD در بزرگسالان می‌شود (۵۴). علاوه بر این، سطوح ویتامین D در افراد غیرفعال از نظر فیزیکی دو برابر کمتر از بزرگسالان فعال است (۵۵)؛ بااین‌حال، مشکل است که روابط مستقیم بین تمرین مقاومتی و افزایش سطوح ویتامینD سرم را تعیین کنیم، اما چندین مطالعه از نتایج پژوهش حاضر حمایت می‌کنند که افزایش فعالیت بدنی روشی مؤثر برای حفظ سطح مطلوب ویتامین D در ادامه زندگی (۵۷، ۵۶) است. در مطالعه حاضر، سطوح ویتامین D سرم از سطح ناکافی (۸/۶۰±۲۶/۲۰ نانوگرم بر میلی‌لیتر) به سطح کافی (۲۷/۶۱±۳۶/۱۲ نانوگرم بر میلی‌لیتر) افزایش یافت. نشانگرهای چرخش استخوان نیز اطلاعاتی بااهمیت درمورد شاخص‌های مهم بیوشیمیایی مانند تحلیل استخوان و تشکیل استخوان در کنترل پوکی استخوان ارائه می‌دهند، اما ارتباط قابل‌توجه نیز بین نشانگرهای چرخش استخوان و خطر شکستگی برای زنان و مردان شناسایی شده است (۵۸). در مطالعه حاضر، میزان استئوکلسین سرم (OC) به‌طور معناداری پس از دوازده هفته مداخله در گروه تمرین مقاومتی در مقایسه با مقادیر قبل از مطالعه افزایش یافت، اما تحلیل کوواریانس تفاوت معناداری را در مقادیر استئوکلسین سرم بین گروه‌های تمرین مقاومتی و کنترل نشان نداد. این نتیجه با یافته‌های مطالعه کیم و همکاران همخوانی دارد. کیم و همکاران در مطالعه خود تغییر معناداری را در OC زنان میانسال در مقایسه با گروه کنترل پس از چهار ماه تمرین تحمل وزن با شدت زیاد مشاهده نکردند (۵۰)، اما نتیجه پژوهش

2. Pilch
2. Evans

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

حاضر با یافته‌های مطالعات جکمن[1] و همکاران (۵۹) و هلگی[2] و همکاران (۶۰) ناهمخوان است. در همین رابطه، جکمن و همکاران افزایش قابل‌توجهی در OC نیز در افراد تمرین‌نکرده در زنان جوان پس از شانزده هفته مداخله ورزشی مشاهده کردند (۵۹). هلگی و همکاران نیز نشان دادند، فعالیت ورزشی باعث افزایش OC پلاسما در حال استراحت در مردان سالمند کم‌تحرک بدون تمرین مقاومتی می‌شود (۶۰). به‌طورکلی، فعالیت ورزشی ممکن است پتانسیل زیادی برای بهبود سلامت استخوان در جمعیت عمومی داشته باشد. افزایش نشانگرهای تشکیل استخوان احتمالاً با بیداری مجدد مدل‌سازی اسکلتی توضیح داده شده است. مطالعات حیوانی قبلی نشان دادند، بارگذاری پویا با جریان مایع خارج سلولی مرتبط است و ایجاد پتانسیل جریان در داخل استخوان، تشکیل استخوان جدید ترابکولار یا استخوان قشر مغز را تحریک می‌کند. درواقع، مداخله فعالیت ورزشی سطح مقطع عرضی را افزایش می‌دهد (۶۱، ۵۰). توضیح دیگر برای افزایش نشانگرهای تشکیل استخوان این است که قبل از شروع تمرین، در سطوحی که قبلاً در حال تشکیل استخوان بودند، نرخ درخواست در پاسخ به بارگذاری افزایش یافت. در این زمینه، فرضیه‌هایی نیز مطرح شده‌اند. یک فرضیه برای توضیح تغییرات در متابولیسم استخوان این است که استرس مکانیکی منجر به سیگنال‌های بیوشیمیایی رونویسی می‌شود. این نظریه نشان می‌دهد، خم‌شدن یا بارگذاری یک استخوان که به‌عنوان میدان‌های الکتریکی ضربان‌دار ناشی از فعالیت سلول‌های استخوانی عمل می‌کند، به افزایش رسوب استخوان در نقاط تنش فشاری منجر می‌شود (۴۹). اینکه آیا فعالیت ورزشی مقاومتی انجام‌شده در مطالعه حاضر این فرایند را تحریک می‌کند، ناشناخته است. دیگر مکانیسم فعالیت ورزشی مقاومتی برای تعدیل متابولیسم استخوان ممکن است تنظیم هورمونی باشد. غلظت سرمی هورمون‌ها مانند ۱،۲۵-دی هیدروکسی ویتامین D3 و هورمون PTH برای تحریک افزایش تشکیل استخوان پس از تمرینات مقاومتی شناخته شده است؛ درحالی‌که بی‌حرکتی با سرکوب سطح ۱،۲۵-دی هیدروکسی ویتامین D3 و هورمون PTHگردش همراه بوده است (۶۱).

بنابراین، افزایش تشکیل استخوان پس از تمرین مقاومتی ممکن است به‌واسطه افزایش این عوامل هورمونی امکان‌پذیر باشد. PTH در بین عوامل هورمونی منحصر به فرد است؛ زیرا هم تشکیل و هم جذب استخوان را تحریک می‌کند (۶۱)؛ بااین‌حال با توجه به موارد مذکور، افزایش غلظت PTH پلاسما پس از تمرین مقاومتی را نمی‌توان برای سرکوب جذب استخوان گزارش داد. مکانیسمی باید مشخص شود که به‌واسطه تمرین مقاومتی متابولیسم استخوان را تعدیل می‌کند. علت تضاد بین

1. Jackman
2. Helge

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

یافته‌های مطالعه حاضر و مطالعات قبلی را می‌توان با تفاوت در طراحی مطالعه، نوع جامعه آماری هدف، مدت‌زمان، محدوده سن و نوع و شدت تمرین توضیح داد. به‌طورکلی، 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 به‌عنوان یک هورمون فعال عمل می‌کند؛ به‌طوری‌که 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 (۲۰)؛ بااین‌حال، مشخص شده است که فعالیت ورزشی باعث تغییر هورمون‌های کلسیوتروپیک، ویتامین D و PTH می‌شود که همگی تنظیم‌کننده‌های مهم متابولیسم استخوان هستند. در مطالعات اخیر، یک دوره کوتاه فعالیت ورزشی به‌طور موقت ترشح PTH را افزایش داد که نقش‌های مختلفی در چرخش استخوان دارد (۴۳). تمرین مقاومتی به‌طور گسترده برای پیشگیری و درمان پوکی استخوان و افزایش BMD و همچنین بهبود توده استخوان، استحکام و کاهش تخریب استخوان توصیه شده است (۲۰) و به نظر می‌رسد، مداخله‌ای ایمن، غیرتهاجمی، غیردارویی و روش تمرینی مؤثری برای حفظ یا بهبود متابولیسم استخوان در گروه‌های مختلف جمعیت است؛ بنابراین روش تمرین مقاومتی ممکن است یک رویکرد ایده‌آل درمان پوکی استخوان برای برخی از جمعیت‌های خاص باشد. مطالعات متعددی درمورد ارزیابی اثربخشی مقاومتی به‌تنهایی یا با ترکیبی از انواع فعالیت ورزشی در گروه‌های مختلف جمعیت انجام شده‌اند، اما مطالعات کمی درباره ارزیابی اثربخشی طولانی‌مدت استفاده از تمرینات مقاومتی به‌خصوص از نوع دایره‌ای، بر نشانگرهای متابولیک استخوان و هورمونی مردان سالمند صورت گرفته‌اند. استفاده از پروتکل تمرینی در مطالعه آینده‌نگر ما، تصادفی و کنترل‌شده بود و به ما اجازه داد تا اثربخشی طولانی‌مدت تمرین مقاومتی را ارزیابی کنیم. در بررسی متون، کمتر مطالعه مشابهی برای مقایسه پروتکل تمرین مقاومتی دایره‌ای بر نشانگرهای استخوانی و هورمونی در مردان سالمند وجود داشت. یکی دیگر از قوت‌های مطالعه حاضر این بود که مداخلات به‌صورت تمرینات گروهی با نظارت اجرا شد که در آن علاوه‌بر ارزیابی‌های مقادیر BMD، پارامترهای ارزیابی مختلف مانند تعیین سطوح نشانگرهای استخوانی، متابولیک و هورمونی را می‌توان به‌عنوان عوامل دیگری ذکر کرد که مطالعه حاضر را تقویت کرد.

چند محدودیت در مطالعه حاضر وجود داشت که باید در هنگام تفسیر یافته‌ها مدنظر قرار گیرد. اولین محدودیت، تعداد محدود نمونه‌های دردسترس بود. دومین محدودیت، مدت‌زمان پیگیری مطالعه بود که به‌نظر می‌رسد سه ماه پیگیری برای اثبات اثربخشی پروتکل تمرینی موجود بر نشانگرهای متابولیک

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

استخوان کافی نباشد؛ این در حالی است که پژوهش‌های قبلی نشان داده‌اند، زمان زیادی طول می‌کشد تا ایجاد متابولیسم استخوان به‌عنوان پاسخ تمرینی رخ دهد. سومین محدودیت اینکه به همه شرکت‌کنندگان در مطالعه آموزش داده شد که رژیم غذایی متعادل و برنامه ورزشی تجویزی منظم داشته باشند.

به‌طورکلی، یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد، دوازده هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای به بهبود قابل‌توجه برخی نشانگرهای متابولیک و هورمونی توده استخوانی از قبیل افزایش معنادار هورمون‌های هیدروکسی ویتامین D3، پاراتیروئید، استئوکلسین، کلسی‌تونین، کلسیم و کاهش معنادار سطوح آلکالین فسفات در مردان سالمند شرکت‌کننده در تمرین مقاومتی در مقایسه با حالت پایه پس از دوازده هفته مداخله در افراد سالمند منجر شد. در این میان، فقط سطوح کلسی‌تونین و کلسیم در مقایسه با گروه کنترل افزایش معناداری را نشان داد. برای تأیید این یافته‌ها باید انجام مطالعات بیشتر با پیگیری طولانی‌مدت مدنظر قرار گیرد.

پیام مقاله

برنامه تمرین مقاومتی دایره‌ای با ویژگی‌های تمرینی یادشده، به‌عنوان روش تمرینی مناسب برای بهبودی مردان سالمند، به‌خصوص افراد دارای مشکلات اسکلتی در سیستم استخوانی توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

این پژوهش نتایج بخشی از رساله دکتری است. نویسندگان از تمام افرادی که در این پژوهش مشارکت کردند، تشکر و قدردانی می‌کنند.

منابع

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. Arnold M, Rajagukguk YV, Gramza-Michałowska A. Functional food for elderly high in antioxidant and chicken eggshell calcium to reduce the risk of osteoporosis—a narrative review. Foods. 2021;10(3): 656.
3. Raj NB, Lee WZ, Eswaramoorthi V, Razali H, Othman NY, Rao US. Exercise programmes for reducing the risk of falls in elderly: a review. Research J Pharm and Tech. 2020;13(6):2977-84.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

4. Santos VRd, Christofaro DGD, Gomes IC, Freitas Júnior IF, Gobbo LA. Relationship between obesity, sarcopenia, sarcopenic obesity, and bone mineral density in elderly subjects aged 80 years and over. Revista Brasileira de Ortopedia. 2018;53:300-5.
5. Zaravar L, Nemati J, Rezaei R, Jahromi MK, Daryanoosh F. Effect of eight weeks water exercise with blood flow restriction on growth hormone, insulin-like growth factor-1 and bone metabolism in elderly women. Sport Physiol. 2021;51: 69-92.
6. Mohamadpour H, Rahnama N, Faramarzi M. Effect of consuming omega-3 fatty acid supplement along with resistance training on some physical fitness factors in healthy elderly women. Sport Physiology. 2014;6(22):41-54.
7. Body J-J, Bergmann P, Boonen S, Devogelaer J-P, Gielen E, Goemaere S, et al. Extraskeletal benefits and risks of calcium, vitamin D and anti-osteoporosis medications. Osteoporosis International. 2012;23(1):1-23.
8. Greenblatt MB, Tsai JN, Wein MN. Bone turnover markers in the diagnosis and monitoring of metabolic bone disease. Clinical Chemistry. 2017;63(2):464-74.
9. Shetty S, Kapoor N, Bondu JD, Thomas N, Paul TV. Bone turnover markers: Emerging tool in the management of osteoporosis. Indian Journal of Endocrinology and Metabolism. 2016;20(6):846.
10. Asikaran S, Eastell R, Bruyère O, Foldes AJ, Garnero P, Griesmacher A. Markers of bone turnover for the prediction of fracture risk and monitoring of osteoporosis treatment: a need for international reference standards. Osteoporos Int. 2011; 22:391–420.
11. McCarty MF, DiNicolantonio JJ. The molecular biology and pathophysiology of vascular calcification. Postgraduate Medicine. 2014;126(2):54-64.
12. Lello S, Capozzi A, Scambia G. Osteoporosis and cardiovascular disease: an update. Gynecological Endocrinology. 2015;31(8):590-4.
13. Ahn N, Kim K. Effects of 12-week exercise training on osteocalcin, high-sensitivity C-reactive protein concentrations, and insulin resistance in elderly females with osteoporosis. Journal of Physical Therapy Science. 2016;28(8):2227-31.
14. Park JH, Kim HJ, Han A, Kang DM, Park S. Effects of aerobic exercise training on the risk factors for liver diseases in elderly women with obesity and impaired fasting glucose: a pilot study. Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry. 2019;23(1):21.
15. 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.
16. Reid IR, Birstow SM, Bolland MJ. Calcium and cardiovascular disease. Endocrinol Metab (Seoul). 2017; 32:339–49.
17. 17.Larsson SC, Burgess S, Michaëlsson K. Association of genetic variants related to serum calcium levels with coronary artery disease and myocardial infarction. JAMA. 2017;318(4):371-80

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

18. 18.Mezil YA, Allison D, Kish K, Ditor D, Ward WE, Tsiani E, et al. Response of bone turnover markers and cytokines to high-intensity low-impact exercise. Med Sci Sports Exerc. 2015;47(7):1495-502.
19. Bagheri L, Faramarzi M, Banitalebi E, Azamian Jazi A. The effect of sequence order of combined training (strength and endurance) on Myostatin, Follistatin and Follistatin/Myostatin ratio in older women. Sport Physiology. 2015;7(26):143-64.
20. Mohammad Rahimi GR, Bijeh N, Rashidlamir A. Effects of exercise training on serum preptin, undercarboxylated osteocalcin and high molecular weight adiponectin in adults with metabolic syndrome. Experimental Physiology. 2020;105(3):449-59.
21. Kohrt WM, Barry DW, Schwartz RS. Muscle forces or gravity: what predominates mechanical loading on bone? Medicine and Science in Sports and Exercise. 2009;41(11):2050.
22. Kohrt WM. American College of Sports Medicine position stand on physical activity and bone health. Med Sci Sports Exer. 2004;36:1985-96.
23. Zhao R, Zhao M, ZhangL. Efficiency of jumping exercise in improving bone mineral density among premenopausal women: a meta-analysis. Sports Medicine. 2014;44(10):1393-402.
24. Babatunde O, Forsyth J, Gidlow C. A meta-analysis of brief high-impact exercises for enhancing bonehealth in premenopausal women. Osteoporosis International. 2012;23(1):109-19
25. 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
26. Lester ME, Urso ML, Evans RK, Pierce JR, Spiering BA, Maresh CM, et al. Influence of exercise mode and osteogenic index on bone biomarker responses during short-term physical training. Bone. 2009;45(4):768-76.
27. Scott JP, Sale C, Greeves JP, Casey A, Dutton J, Fraser WD. The role of exercise intensity in the bone metabolic response to an acute bout of weight-bearing exercise. Journal of Applied Physiology. 2011;110(2):423-32.
28. Maïmoun L, Sultan C. Effect of physical activity on calcium homeostasis and calciotropic hormones: a review. Calcified Tissue International. 2009;85(4):277-86.
29. 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.
30. 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.
31. Welsh L, Rutherford OM, James I, Crowley C, Comer M, Wolman R. The acute effects of exercise on bone turnover. Int J Sports Med. 1997;18(4):247–51.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

32. 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;33(11):2941-52.
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(5):189-96.
35. 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.
36. Ashizawa N, Ouchi G, Fujimura R, Yoshida Y, Tokuyama K, SuzukiM. Effects of a single bout of resistance exercise on calcium and bone metabolism in untrained young males. Calcified Tissue International. 1998;62(2):104-8.
37. Kristoffersson A, Hultdin J, Holmlund I, Thorsen K, Lorentzon R. Effects of short-term maximal work on plasma calcium, parathyroid hormone, osteocalcin and biochemical markers of collagen metabolism. International Journal of Sports Medicine. 1995;16(03):145-9.
38. Guillaume G, Chappard D, Audran M. Evaluation of the bone status in high-level cyclists. Journal of Clinical Densitometry. 2012;15(1):103-7.
39. Gomez-Cabello A, Ara I, González-Agüero A, Casajus J, Vicente-Rodriguez G. Effects of training on bone mass in older adults. Sports Medicine. 2012;42(4):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 overworking thigh of hormones, growth factors and biomarkers of bone metabolism during short lasting dynamic exercise. Calcified Tissue International. 1997;60(2):175-80.
42. Malm HT, Ronni-Sivula HM, Viinikka LU, Ylikorkala OR. Marathon running accompanied by transient decreases in urinary calcium and serum osteocalcin levels. Calcified Tissue International. 1993;52(3):209-11.
43. Maimoun L, Simar D, Caillaud C, Coste O, Barbotte E, Peruchon E, et al. Response of calciotropic hormones and bone turnover to brisk walking according to age and fitness level. Journal of science and medicine in sport. 2009;12(4): 463-7.
44. 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.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

45. 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.
46. Hassanzadeh H, Gozashti M, Dehkhoda M, 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.
47. Trumbull A, Subramanian G, Yildirim-Ayan E. Mechanoresponsive musculoskeletal tissue differentiation of adipose-derived stem cells. Biomedical Engineering Online. 2016;15(1):1-27.
48. Josse AR, Tang JE, Tarnopolsky MA, Phillips SM. Body composition and strength changesin women with milk and resistance exercise. Med Sci Sports Exerc. 2010;42(6):1122-30.
49. Scragg R, Camargo Jr CA. Frequency of leisure-time physical activity and serum 25-hydroxyvitamin D levels in the US population: results from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. American Journal of Epidemiology. 2008;168(6):577-86.
50. 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.
51. 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(1):25-32.
52. 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):4-9.
53. Evans RK, Antczak AJ, Lester M, Yanovich R, Israeli E, Moran DS. Effects of a 4-month recruit training program on markers of bone metabolism. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2008;40(11):S660-S70.
54. Holick MF. The vitamin D deficiency pandemic: approaches for diagnosis, treatment and prevention. Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders. 2017;18(2):153-65.
55. Liu X, Baylin A, Levy PD. Vitamin D deficiency and insufficiency among US adults: prevalence, predictors and clinical implications. British Journal of Nutrition. 2018;119(8):928-36.
56. Ten Haaf D, Balvers M, Timmers S, Eijsvogels T, Hopman M, Klein Gunnewiek J. Determinants of vitamin D status in physically active elderly in the Netherlands. European Journal of Nutrition. 2019;58(8):3121-8.
57. Orces CH. Association between leisure-time aerobic physical activity and vitamin D concentrations among US older adults: The NHANES 2007–2012. Aging Clinical and Experimental Research. 2019;31(5):685-93.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

58. Johansson H, Odén A, Kanis JA, McCloskey EV, Morris HA, Cooper C, et al. A meta-analysis of reference markers of bone turnover for prediction of fracture. Calcified Tissue International. 2014;94(5):560-7.
59. Jackman SR, Scott S, Randers MB, Ørntoft C, Blackwell J, Zar A, et al. Musculoskeletal health profile for elite female footballers versus untrained young women before and after 16 weeks of football training. Journal of Sports Sciences. 2013;31(13):1468-74.
60. Helge E, Andersen TR, Schmidt JF, Jørgensen N, Hornstrup T, KrustrupP, et al. Recreational football improves bone mineral density and bone turnover marker profile in elderly men. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 2014;24:98-104.
61. Fujimura R, Ashizawa N, Watanabe M, Mukai N, Amagai H, Fukubayashi T, et al. Effect of resistance exercise training on bone formation and resorption in young male subjects assessed by biomarkers of bone metabolism. Journal of Bone and Mineral Research. 1997;12(4):656-62.

استناد به مقاله

دهقان کوروش، جلالی‌دهکردی خسرو، تقیان فرزانه، کارگرفرد مهدی، عابدی بهرام. اثر دوازده هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای بر نشانگرهای متابولیک و هورمونی توده استخوانی مردان سالمند. فیزیولوژی ورزشی. زمستان ۱۴۰۱؛ ۱۴(۵۶): ۴۸-۱۷.
شناسهٔ دیجیتال: 10.22089/SPJ.2022.12214.2177

K. Dehghan, Kh. Jalali Dehkordi, F. Taghian, M. Kargarfard, B. Abedi. The Effect of 12 Weeks of Resistance Circuit-Based Training on Markers of Bone Mass Metabolic and Hormonal in Elderly Men. Winter 2023; 14(56): 17-48. (In Persian). Doi: 10.22089/SPJ.2022.12214.2177

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License