Sport Physiology **Volume 13, No 51, 2021, Page 69-92**

Research Paper

Effect of Eight weeks Water Exercise with Blood Flow Restriction on Growth Hormone, Insulin-like Growth Factor-1 and Bone Metabolism in Elderly Women

L. Zaravar[1], J. Nemati[2], R. Rezaei[3], M. Koushkie Jahromi[4], F. Daryanoosh[5]

1. Ph.D. student of Sport physiology, Department of Sport Sciences, Faculty of Education and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Education and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran (Corresponding Author)
3. Assistant Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Education and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran.
4. Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Education and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran.
5. Associate professor Department of Exercise Physiology, Faculty of Education and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran.

Received: 2021/04/25 **Accepted: 2021/07/27**

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of water exercise with blood flow restriction (BFR) on the growth hormone (GH), insulin-like growth factor-1 (IGF-1) levels and bone mineral density (BMD) of elderly women. To do so, 30 non-athlete women (age: 60 to 70, weight 72.34 ± 2.5 kg and BMI: 28.8 ± 4.07) participated in the study voluntarily and were randomly divided into three groups of control, water exercise with BFR and water exercise without BFR. Both training groups performed aerobic exercises with water resistance (eight weeks, three days, one hour). Cuff pressure in the training group with BFR was 110 to 220 mm Hg. Blood samples were taken 24 hours before the first and after the last training session. Statistical test of analysis of covariance (ANCOVA) was used for data analysis. Findings of the study indicated that two training groups had a significant increase in BMD, IGF-1 and T-score compared to the control group ($p \leq 0.05$). There was significant increase in the amount of GH only in the BFR group compared to the control group ($P \leq 0.05$). Moreover, the result showed significant increases in BMD, GH, IGF-1 and T-score in water exercise with BFR group compared to the water exercise without BFR group ($p \leq 0.05$). The results of the study indicated water exercise improved the effect

1. Email: l.zaravar4@gmail.com
2. Email: jnemati@shirazu.ac.ir
3. Email: Rasoul.rezai1364@gmail.com
4. Email: koushkie53@yahoo.com
5. Email: daryanoosh@shirazu.ac.ir

of anabolic factors to prevent decreasing bone density, in older women, but water exercise with BFR induced a more beneficial effect on BMD rather than water exercise without BFR. Therefore using water exercise with BFR is recommended for older women.

Keywords: Water Exercise, BFR, GH, IGF-1, BMD, Elderly Women

Extended Abstract

Background and Purpose

Osteoporosis is the most common metabolic bone disease that causes a decrease in bone mineral density (BMD) (1). In recent years, regular exercise has been proposed as one of the important non-pharmacological mechanisms to prevent or treat osteoporosis (2). The importance of this disease is in increasing the risk of bone fractures, especially in the thigh and spine. One of the most important causes of osteoporosis in women is hormonal fluctuations and estrogen reduction after menopause, which are exacerbated with age (3). Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of exercise and blood flow restriction (BFR) in water on the amount of growth hormone (GH), insulin-like growth factor I (IGF-1) and BMD in elderly women.

Methods

Thirty non-athlete women (age 60 to 70 years, weight 72.34 ± 2.5 kg and body mass index 28.8 ± 4.07 kg / m2) participated in the study voluntarily and were randomly assigned to the three groups of control, water exercise with BFR and water exercise without BFR. Firstly, the subjects were comprehensively familiarized with the stages of the study. A questionnaire with demographic characteristics, medical and drug use history, as well as informed consent forms were completed by patients. None of the participants had a history of chronic illness or exercise in the previous six months. A physician performed cardiovascular examinations. To measure blood parameters, 24 ml of fasting blood was taken from the forearm vein 24 hours before the first training session and collected in a chelate tube, then centrifuged for 20 minutes at 3000 rpm and isolated serum was used to measure GH and IGF-1 using the enzyme-linked immunosorbent (ELISA) assay. The kits were kept at a temperature of four degrees. The BMD was analyzed and measured by a Dexa scan in the thigh area. Both training groups performed aerobic exercises with water resistance (eight weeks, three days, one hour). Then, 24 hours after the last training session, blood sampling and Dexa scan were performed again with similar conditions to the pre-test. The cuff pressure in the training group with BFR was 110 to 220 mm Hg. The control group did not participate in any of the training programs. Analysis of covariance (ANCOVA) was used to compare post-test variables with control of the effect of pre-test variables. Shapiro-Wilk test was used to ensure the normal

distribution of data and the Leven test was used to evaluate the homogeneity of variance. In the case of a significant difference between the groups, the Bonferroni post hoc test was used to compare paired groups.

Results

The results of this study showed that BMD, IGF-1 and T-score increased significantly compared to the control group ($p \leq 0.05$). There was significant increase in the amount of GH only in the BFR group compared to the control group ($P \leq 0.05$). Moreover, BMD, GH, IGF-1 and T-score increased significantly in the training group with BFR compared to the training group without BFR ($p \leq 0.05$).

Conclusion

In general, based on the findings of the present study, it can be concluded that exercise in the water with BFR such as the exercise program in the present study increases the levels of GH and IGF-1, as the most important growth regulators in different cells, enhances BMD and T-score and can be used as a low-risk method to develop bone health similar to high-intensity endurance and resistance training (4). The present study indicated that water exercise in elderly women improved the effect of anabolic factors in preventing bone density reduction, but water exercise with BFR had more beneficial effects in increasing BMD.

Article Message

Therefore, water exercise with BFR can be suggested as a suitable exercise mode to improve the health of older women, especially those with problems in the skeletal system, and it is recommended to be used by older women.

Keywords: Water Exercise, BFR, GH, IGF-1, BMD, Elderly Women

References

1. Benedetti MG, Furlini G, Zati A, Letizia Mauro G. The Effectiveness of Physical Exercise on Bone Density in Osteoporotic Patients. Biomed Res Int. 2018;2018:4840531.
2. Zhang S, Wang X, Li G, Chong Y, Zhang J, Guo X, et al. Osteoclast regulation of osteoblasts via RANK-RANKL reverse signal transduction in vitro. Mol Med Rep. 2017;16(4):3994-4000.
3. Jäckle K, Kolb JP, Schilling AF, Schlickewei C, Amling M, Rueger JM, et al. Analysis of low-dose estrogen on callus BMD as measured by pQCT in postmenopausal women. BMC Musculoskelet Disord. 2020;21(1):1-10.
4. Linero C, Choi SJ. Effect of blood flow restriction during low-intensity resistance training on bone markers and physical functions in postmenopausal women. J Exerc Sci Fit. 2021;19(1):57-65.

فیزیولوژی ورزشی دوره ۱۳ ، شماره ۵۱ ،پاییز ۱۴۰۰ .صص ۹۲-۶۹

مقالهٔ پژوهشی

تأثیر هشت هفته تمرین در آب با محدودیت جریان خون بر میزان هورمون رشد، فاکتور رشد شبه‌انسولین یک و متابولیسم استخوان زنان سالمند

لیلا زرآور[۲]، جواد نعمتی[۳]، رسول رضایی[۴]، مریم کوشکی جهرمی[۵]، فرهاد دریانوش[۶]

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، بخش علوم ورزشی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۲. استادیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران (نویسنده مسئول)

۳. استادیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۴. استاد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۵. دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۰۶

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تمرین با محدودیت جریان خون (BFR) در آب بر مقدار هورمون رشد (GH)، فاکتور رشد شبه‌انسولین یک (IGF-1) و تراکم مواد معدنی استخوان (BMD) زنان سالمند انجام شد. تعداد ۳۰ نفر از زنان غیر ورزشکار (سن ۶۰ تا ۷۰ سال، وزن ۲/۵ ± ۷۲/۳۴ کیلوگرم و شاخص تودهٔ بدنی ۴/۰۷ ± ۲۸/۸ کیلوگرم بر مترمربع) داوطلبانه در مطالعه شرکت کردند و به‌طور تصادفی به سه گروه کنترل، تمرین در آب با BFR و تمرین در آب بدون BFR تقسیم شدند. هر دو گروه تمرینی تمرینات هوازی با مقاومت آب را (هشت هفته، سه روز، یک ساعت) اجرا کردند. فشار کاف در گروه تمرینی با BFR ۱۱۰ تا ۲۲۰ میلی‌متر جیوه بود. خون‌گیری ۲۴ ساعت قبل از اولین و بعد از آخرین جلسه تمرینی انجام شد. از آزمون آماری تحلیل کواریانس (آنکوا) وابسته برای تحلیل نتایج استفاده شد. نتایج پژوهش نشان داد گروه‌های تمرین در مقادیر BMD، IGF-1 و مقدار نمرهٔ T (T-Score) در مقایسه با گروه کنترل افزایش معناداری داشتند ($P \leq 0.05$). در مقدار GH فقط گروه تمرین با BFR نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری داشت ($P \leq 0.05$). همچنین نتایج پس‌آزمون گروه تمرین با BFR در مقایسه با گروه تمرین بدون BFR در مقادیر

1. Email:l.zaravar4@gmail.com
2. Email: jnemati@shirazu.ac.ir
3. Email: Rasoul.rezai1364@gmail.com
4. Email: koushkie53@yahoo.com
5. Email: daryanoosh@shirazu.ac.ir

BMD، GH، IGF-1 و T-Score افزایش معناداری داشت ($P \leq 0.05$). پژوهش حاضر نشان داد تمرین در آب در زنان سالمند به بهبود اثر عوامل آنابولیک در جلوگیری از کاهش تراکم استخوان منجر می‌شود، اما تمرین در آب با BFR دارای اثرهای مفیدتری در افزایش BMD است؛ بنابراین توصیه می‌شود از این تمرینات در برنامهٔ تمرینی زنان سالمند استفاده شود.

واژگان کلیدی: تمرین در آب، BFR، GH، IGF-1، BMD، زنان سالمند.

مقدمه

استئوپروز[1] یا پوکی استخوان بیماری خاموشی است که میلیون‌ها نفر را در جهان مبتلا کرده است. این بیماری شایع‌ترین بیماری متابولیک استخوان است که باعث کاهش تراکم مواد معدنی استخوانی (BMD)[2] می‌شود (۱). اهمیت این بیماری در افزایش خطر شکستگی استخوان به‌خصوص در ناحیهٔ ران و ستون مهره‌هاست. یکی از مهم‌ترین عوامل ایجادکنندهٔ پوکی استخوان در زنان بعد از یائسگی، تغییرات هورمونی و کاهش استروژن است که با افزایش سن تشدید می‌شود. استرادیول یکی از عواملی است که بر رشد استخوان، BMD و میزان نمرهٔ T (T-score) به‌عنوان شاخصی برای مقایسهٔ میزان BMD فرد با میزان BMD یک فرد سالم بالغ با حداکثر تراکم استخوانی، تأثیر می‌گذارد (۲). همچنین استرادیول باعث تحریک ترشح هورمون رشد (GH)[3] و فاکتور رشد شبه‌انسولین-یک (IGF-1)[4] می‌شود (۳)؛ بنابراین علاوه‌بر هورمون استروژن، هورمون‌های آنابولیک دیگر از جمله GH و IGF-1 در فعالیت سلول‌های استئوبلاست و ایجاد تراکم بیشتر استخوان مؤثر هستند (۴). GH به‌صورت مستقیم با مداخله بر نفوذپذیری غشای سلول‌ها باعث تسهیل در انتقال اسیدهای آمینه به درون سلول‌ها می‌شود و درنهایت به افزایش جذب اسیدهای آمینه منجر می‌شود. همچنین GH به‌صورت غیرمستقیم با تولید پروتئین واسطه‌ای در کبد به نام IGF-1 سبب رشد و هایپرتروفی عضله می‌شود (۵). IGF-1 نقش مهمی در سلول‌های ماهواره‌ای، افزایش سنتز پروتئین، هایپرتروفی عضلانی و تحریک فعالیت استئوبلاست‌ها دارد؛ بنابراین یکی از مهم‌ترین عوامل رشدی به شمار می‌رود (۶). افزایش سن موجب کاهش میزان IGF-1 و GH می‌شود؛ ازاین‌رو فعالیت مسیرهای سیگنالی

1. Osteoporosis
2. Bone Mineral Density
3. Growth Hormone
4. Insulin-Like Growth Factor-1

درون‌سلولی دستخوش تغییراتی در جهت کاهش BMD و افزایش میزان شیوع فرایند پوکی استخوان افراد سالمند می‌شود (۷).

نتایج پژوهش پینهیرو[1] و همکاران (۸) نشان داد که ورزش یکی از بهترین و کم‌هزینه‌ترین راهکارها در پیشگیری و درمان بسیاری از بیماری‌های وابسته به افزایش سن مانند پوکی استخوان است؛ ازاین‌رو انواع تمرینات مقاومتی و هوازی به‌منظور ارتقای سلامت عضلات اسکلتی و استخوان‌ها به کار برده می‌شود. تمرینات مقاومتی محرکی قوی برای سنتز پروتئین عضله، برای دستیابی به هایپرتروفی عضلانی و تحریک سلول‌های استئوبلاست در جهت افزایش BMD هستند (۹). راسنیک[2] و همکاران (۱۰) به‌منظور بررسی BMD در نواحی ران نشان دادند که تمرینات با شدت زیاد باعث افزایش بیشتر BMD در مقایسه با تمرینات سبک‌تر در کل بدن و استخوان لگن می‌شوند. از طرف دیگر، تمرینات هوازی باعث بهبود عملکرد قلب و افزایش خون‌رسانی به عضلات و بافت‌های فعال از جمله استخوان‌ها می‌شوند (۱۱)، اما به‌کارگیری تمرین هوازی یا مقاومتی با شدت زیاد در طولانی‌مدت ممکن است برای برخی از افراد سالمند از جمله افراد مبتلا به آرتروز و پوکی استخوان یا ورزشکارانی که دورهٔ نقاهت بعد از عمل جراحی را طی می‌کنند و باید به‌سرعت به محیط ورزشی برگردند، مشکل‌ساز باشد؛ بنابراین مداخلات جایگزینی لازم است که با انجام‌دادن فعالیت ورزشی با شدت کمتر و مدت کوتاه‌تری، همچنان قادر به حفظ عملکرد عضلات اسکلتی باشند. امروزه استفاده از محدودیت جریان خون (BFR)[3] به‌عنوان مداخله‌ای تمرینی برای دستیابی به هدف‌های مختلف استفاده می‌شود. تمرین BFR با اعمال فشار در اندام مدنظر و با استفاده از تمرین هوازی (۱۰ تا ۳۰ درصد حداکثر ظرفیت کاری)، نتیجهٔ تمرین مقاومتی با شدت زیاد را دارد (۱۲). تمرین BFR با ایجاد سازگاری‌های سلولی و متابولیک باعث افزایش رگ‌زایی، سلول‌های ماهواره‌ای، هایپرتروفی عضله، تحریک هورمون‌های آنابولیک و BMD می‌شود (۱۳). مطالعات نشان می‌دهند که شرایط هایپوکسی ناشی از انسداد به افزایش آزادشدن GH و IGF-1 منجر می‌شود (۱۴). شیمیزو[4] و همکاران (۱۵) گزارش کردند که چهار هفته تمرین با BFR باعث افزایش بیشتر غلظت سرمی GH افراد سالمند در مقایسه با گروه بدون BFR می‌شود. همچنین در پژوهشی که بر زنان یائسهٔ ۵۶ ساله صورت گرفت، نشان داده شد که تمرین BFR باعث افزایش پاسخ‌های هورمونی مانند GH و IGF-1 بر روی استخوان می‌شود که سبب بهبود BMD می‌شود (۱۶)، اما باصره[5] و همکاران (۱۷) نبود تأثیر معنادار تمرین BFR بر

1. Pinheiro
2. Rathnayake
3. Blood Flow Restriction
4. Shimizu
5. Basereh

مقادیر سـرمی GH را گزارش کردند. بسیاری از افراد سالمند به‌دلیل ناتوانی حرکتی و درد مفاصل حتی با مداخلهٔ BFR نیز قادر به انجام‌دادن تمرین در خشکی نیستند؛ بنابراین تمرین در آب به‌دلیل سبک‌شدن وزن پیشنهاد می‌شود. از طرف دیگر، تمرینات هوازی در آب به‌دلیل کاهش خطر افتادن و شکستگی استخوان‌ها در افراد سالمند و همچنین در درمان سایر بیماری‌ها از جمله افسردگی و اضطراب بسیار مفید است؛ ازاین‌رو می‌تواند یکی دیگر از روش‌های تمرینی سودمند برای این نوع افراد باشد (۱۸). همچنین ذکر این نکته اهمیت دارد که اثربخشی تمرین در آب به‌تنهایی بر میزان چگالی استخوان به‌دلیل کاهش نیروی جاذبه و به حداقل رسیدن بار تحمل وزن روی بدن فرد بیمار، در مقایسه با ورزش‌های خشکی از جمله پیاده‌روی کمتر است (۱۹)؛ بنابراین نیازمند اعمال شدت زیاد همراه با حداقل سه ماه فعالیت مداوم و پیوسته است که این امر برای بسیاری از سالمندان دشوار است؛ ازاین‌رو تمرین BFR به‌دلیل سازگاری و مدت‌زمان کوتاه‌تر می‌تواند جایگزین مناسبی باشد (۲۰).

مطالعات انجام‌شده در زمینهٔ تمرین BFR بر تراکم استخوان در افراد سالمند فقط در محیط خشکی صورت گرفته‌اند؛ ازاین‌رو برای برطرف‌کردن این خلأ علمی، هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر هشت هفته تمرین با و بدون محدودیت جریان خون در آب بر متابولیسم استخوان، GH و IGF-1 در زنان سالمند بود.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر روش جمع‌آوری اطلاعات کمّی و از لحاظ هدف از نوع پژوهش‌های کاربردی بود. طرح پژوهش، نیمه‌تجربی بود و با استفاده از طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل انجام شد.

جامعهٔ آماری پژوهش، زنان غیرورزشکار ۶۰ تا ۷۰ سالهٔ شهر شیراز بودند که ۳۰ نفر از این جامعه به‌صورت داوطلبانه و هدفمند در پژوهش شرکت کردند. آزمودنی‌ها ابتدا در یک جلسهٔ توجیهی به‌طور کامل با مراحل پژوهش آشنا شدند. پرسشنامه‌ای شامل مشخصات فردی و سوابق بیماری و دارویی و همچنین رضایت‌نامهٔ آگاهانه در اختیار بیماران قرار گرفت. همهٔ شرکت‌کنندگان با رضایت شخصی در مطالعه شرکت کردند. گفتنی است هیچ‌یک از آزمودنی‌ها سابقهٔ بیماری‌های مزمن نداشتند و همچنین در شش ماه قبل فعالیت ورزشی منظم نداشتند. معاینه پزشکی جهت ارزیابی‌های قلبی-عروقی یک روز قبل از شروع تمرین انجام شد. برای اندازه‌گیری شاخص‌های خونی، ۲۴ ساعت قبل از اولین جلسهٔ تمرینی پنج میلی‌لیتر خون در حالت ناشتا از ورید پیش‌بازویی گرفته شد و در لوله کلات جمع‌آوری شد. سپس ۲۰ دقیقه با ۳۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ شدند و سرم جداسازی‌شده برای اندازه‌گیری

مقادیر GH (Monbud, USA) و IGF1 (Mediagnost, Germany) و با استفاده از روش الیزا (ELIZA)[1] به کار رفت. در عصر همان روز میزان BMD به‌وسیلهٔ دستگاه دگزا [2] (Horizon WS/N 300317M, USA) زیر نظر پزشک متخصص در ناحیهٔ ران آنالیز و اندازه‌گیری شد. آزمودنی‌ها در سه گروه شامل گروه کنترل، گروه تمرین در آب با BFR و گروه تمرین در آب بدون BFR به‌صورت تصادفی تقسیم شدند. دو گروه تمرینی تمرینات را به‌مدت هشت هفته اجرا کردند. سپس ۲۴ ساعت پس از آخرین جلسهٔ تمرینی، نمونه‌گیری خونی و تست دگزا دوباره با شرایطی مشابه با پیش‌آزمون انجام شد.

ملاحظات اخلاقی

مشارکت‌کنندگان مختار بودند در هر مرحله از پژوهش انصراف دهند. افرادی که ملاک‌های ورود به طرح پژوهش را داشتند، با مجوز کتبی پزشک به پژوهش وارد شدند. همهٔ مراقبت‌های لازم در حین ورزش‌کردن و خون‌گیری از آن‌ها انجام شد. کمیتهٔ اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی شیراز، دانشکدهٔ توان‌بخشی با شناسهٔ اخلاق IR.SUMS.REHAB.REC.1399.043 بر جریان همهٔ مراحل پژوهش نظارت داشت.

برنامهٔ تمرینی

با توجه به پژوهش‌های تیان و همکاران (۳)، راسنیک و همکاران (۱۰) و لینرو و چوی[3] (۱۶) برنامهٔ تمرینی طراحی شد و پس از انجام‌شدن مطالعهٔ مقدماتی[4] تعدیل شد که شامل هشت هفته تمرین در آب (سه جلسه در هفته و هر جلسه ۶۰ دقیقه) بود. هر دو گروه تمرینی، در هفتهٔ اول با حرکات پایه و آشنایی با انواع حرکات شروع شد (جدول شمارهٔ سه). از هفتهٔ دوم به بعد هر دو گروه تمرینی از ویت‌کاف آبی در ناحیهٔ مچ پا (تنها برای جلوگیری از غوطه‌ورشدن و قرارگرفتن پاها در کف استخر در حین انجام‌دادن حرکات) استفاده شد که در هفته‌های دوم و سوم بعد از گرم‌کردن و از هفتهٔ چهارم به بعد از ابتدای تمرین بسته می‌شد. وزن ویت‌کاف‌ها یک کیلو برای هر پا و جنس آن شن با روکش پارچه‌ای (شرکت هیدروجیم یزد) بود. هیچ‌کدام از گروه‌های تمرینی از وزنه به‌عنوان اضافه‌بار استفاده نکردند و تنها از نیروی مقاومت آب در انجام‌دادن حرکات استفاده شد. دمای آب استخر بین ۳۰ تا ۳۳ درجهٔ سانتی‌گراد و عمق استخر ۶۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر بود. ضربان قلب آزمودنی‌ها در حین فعالیت با کمک ضربان‌سنج پولار (FS3C, USA) سنجیده شد (کنترل ضربان قلب فقط درجهت اطمینان از

1. Enzyme-Linked Immuno sorbent Assay
2. Dual Energy X-Ray Absorptiometry
3. Linero & Choi
4. Pilot Study

وضعیت آزمودنی ها بود).

گروه تمرین در آب با BFR: پس از انجام‌شدن مطالعهٔ مقدماتی، به‌مدت چهار ماه برای اطمینان از بی‌خطربودن تمرینات، برنامهٔ تمرینی ارائه شد. هر جلسه تمرین به‌ترتیب شامل ۱۰ دقیقه گرم‌کردن (تمرین‌های کششی و انعطاف‌پذیری و راه‌رفتن بسیار آرام)، ۲۰ تا ۳۰ دقیقه تمرینات ویژهٔ هوازی (جدول شمارهٔ سه)، ۱۵ تا ۲۰ دقیقه تمرین با کاف (جدول شمارهٔ یک و شمارهٔ سه)، ۱۰ دقیقه سردکردن در آب بدون کاف (راه رفتن بسیار آرام همراه با مجموعه‌ای حرکات کششی بسیار سبک و شناورشدن) بود. بعد از بیرون‌آمدن از آب، ضربان و فشارخون به‌منظور بی‌خطربودن تمرین در همهٔ آزمودنی‌ها کنترل شد؛ بدین‌صورت‌که قبل از شروع تمرین با کاف، آزمودنی‌ها از آب بیرون آمدند و روی صندلی نشستند تا ضربان قلب و فشارخون به حالت طبیعی برگردد (ضربان قلب بین ۶۰ تا ۷۰ ضربه در دقیقه و فشارخون سیستول بین ۱۲۵-۹۰ میلی‌متر جیوه). سپس در ناحیهٔ پروکسیمال هر دو ران، پژوهشگر کاف‌ها را بست. فشار کاف بین ۱۱۰ تا ۲۲۰ میلی‌متر جیوه بود که معادل ۸۰-۴۰ درصد فشار انسدادی جریان خون در محدودهٔ پا (LOP)[1] یا فشار انسدادی جریان خون سرخرگی (AOP)[2] است. گفتنی است فشار تنظیم‌شده برای آزمودنی‌های سالمند براساس مطالعهٔ باند[3] و همکاران (۲۱) و همچنین مطالعهٔ مقدماتی، ایمن و بی‌خطر بود.

نحوهٔ ساخت کاف‌ها: به سفارش پژوهشگر کاف‌های مخصوص توسط کارشناس مهندسی پزشکی، براساس مشخصات کاف‌های کاتسو (شبیه کاف‌های فشارسنج طبی) ساخته شد. عرض هر کاف برای اندام تحتانی پنج سانتی‌متر و طول آن ۶۰ تا ۶۵ سانتی‌متر بود که درون آن یک تیوپ لاستیکی (ساخته‌شده از تیوب دوچرخه) با قطر سطح مقطع سه سانتی‌متر و طول ۳۰ تا ۳۵ سانتی‌متر قرار داشت (طول کاف متناسب با اندازهٔ دور ران افراد در نظر گرفته شد). یک مجرای کوچک در کاف برای «والو» مخصوص بادکردن تیوب و نصب بارومتر وجود داشت. فشار هوای داخل تیوپ به‌وسیلهٔ بارومتر و پیچ تنظیم هوا کنترل شد. فشار هوای کاف تا ۳۰۰ میلی‌متر جیوه افزایش‌یافتنی بود. کاف از جنس پارچهٔ کشی و برزنت دولایه برای قراردادن تیوب در آن درست شد.

تنظیم فشار هوای درون کاف: یک هفته قبل از شروع تمرین برای به‌دست‌آوردن فشار مناسب از دستگاه سونوگرافی عمومی کالر داپلر پزشکی (Co MINDREY 6-DC, USA) استفاده شد که پزشک متخصص انجام شد. برای این تست چند نفر از آزمودنی‌ها با حجم ران و فنوتیپ متفاوت انتخاب شدند و در حالت نشسته، کاف‌ها را در هر دو پا بستند. سپس برای ارزیابی با دستگاه سونوگرافی داپلر

1. Limb Occlusion Pressure
2. Arterial Occlusion Pressure
3. Bond

پس از ۱۰ دقیقه استراحت به‌منظور برقراری تعادل در سیستم گردش خون، درحالی‌که در وضعیت ناشتا و به‌حالت درازکش بودند، به‌وسیلهٔ پمپ متصل به مانومتر کاف‌ها باد شدند. مرتب فشار جریان خون به‌وسیله مانیتور دستگاه نشان داده می‌شد تا اینکه در فشار ۲۶۰ تا ۲۸۰ میلی‌متر جیوه کاملاً جریان خون در ناحیهٔ پا مسدود شد که به‌عنوان LOP یا AOP در محدودهٔ پا شناخته شد. سپس درصدی از فشار LOP به‌عنوان فشار کاف محاسبه شد که به‌طور معمول بین ۴۰ تا ۸۰ درصد آن است (۲۱).

گروه تمرین در آب بدون محدودیت جریان خون: ده دقیقه برای گرم‌کردن لحاظ شد. سپس ۴۰ دقیقه صرف تمرین‌های ویژهٔ هوازی بدون BFR (جدول شمارهٔ سه) شد که از هفتهٔ دوم با افزایش سرعت و آهنگ اجرای حرکات و همچنین با افزایش تعداد دسته‌ها و تکرارها و کاهش مدت استراحت بین هر ست (جدول شمارهٔ دو) همراه بود. سپس ۱۰ دقیقه مرحلهٔ ریکاوری و سردکردن در آب انجام شد.

گروه کنترل: هیچ‌گونه تمرینی در مدت هشت هفته نداشت.

جدول ۱- برنامهٔ تمرین در آب با BFR طی هشت هفته

Table 1- Training Program in Water with BFR during Eight Weeks

هفته‌ها weeks	تعداد حرکت Action NO	تعداد ست Set NO	تعداد تکرار در داخل هر ست Each Set Repetitions NO	استراحت بین هر ست (ثانیه) Rest Between Each Set (S)	استراحت بین هر حرکت (ثانیه) Rest Between Each Action (S)	آهنگ اجرای حرکات Rhythm of Actions	درصد فشار کاف (میلی‌متر جیوه) Percentage of Cuff Pressure (mmHg)
1	5	4	30-15-15-15	30	50	آهسته slow	40%
2	5	4	30-15-15-15	30	50	آهسته slow	40%
3	6	4	30-15-15-15	30	50	متوسط Medium	60%
4	6	5	30-15-15-15-15	30	60	متوسط Medium	60%
5	7	5	30-20-15-15-15	25	60	متوسط Medium	70%

ادامهٔ جدول ۱- برنامهٔ تمرین در آب با BFR طی هشت هفته

Table 1- Training Program in Water with BFR during Eight Weeks

درصد فشار کاف (میلی‌متر جیوه) Percentage of Cuff Pressure (mmHg)	آهنگ اجرای حرکات Rhythm of Actions	استراحت بین هر حرکت (ثانیه) Rest Between Each Action (S)	استراحت بین هر ست (ثانیه) Rest Between Each Set (S)	تعداد تکرار در داخل هر ست Each Set Repetitions NO	تعداد ست Set NO	تعداد حرکت Action NO	هفته‌ها weeks
70%	متوسط Medium	60	25	30-20-15-15-15	5	7	6
80%	متوسط Medium	70	20	30-30-15-15-15	5	8	7
80%	متوسط Medium	70	20	30-30-15-15-15	5	8	8

جدول ۲- برنامهٔ تمرین در آب بدون BFR طی هشت هفته

Table 2- Training Program in Water without BFR during Eight Weeks

آهنگ اجرای حرکات Rhythm of Actions	استراحت بین هر حرکت (ثانیه) Rest Between Each Action (S)	استراحت بین هر ست (ثانیه) Rest Between Each Set (S)	تعداد تکرار در داخل هر ست Each Set Repetitions NO	تعداد ست Set NO	تعداد حرکت Action NO	هفته‌ها weeks
آهسته slow	50	30	30-15-15-15	4	5	1
متوسط Medium	50	30	30-15-15-15	4	5	2
متوسط Medium	50	30	30-15-15-15	4	6	3
سریع Fast	60	30	30-15-15-15-15	5	6	4

ادامهٔ جدول ۲- برنامهٔ تمرین در آب بدون BFR طی هشت هفته

Table 2- Training Program in Water without BFR during Eight Weeks

هفته‌ها weeks	تعداد حرکت Action NO	تعداد ست Set NO	تعداد تکرار در داخل هر ست Each Set Repetitions NO	استراحت بین هر ست (ثانیه) Rest Between Each Set (S)	استراحت بین هر حرکت (ثانیه) Rest Between Each Action (S)	آهنگ اجرای حرکات Rhythm of Actions
5	7	5	30-20-15-15-15	25	60	سریع Fast
6	7	5	30-20-15-15-15	25	60	سریع Fast
7	8	5	30-30-15-15-15	20	70	سریع Fast
8	8	5	30-30-15-15-15	20	70	سریع Fast

جدول ۳- انواع حرکات طی هشت هفته

Table 3- Types of Movements during Eight Weeks

هفته‌ها	تعداد حرکات	نوع حرکات
اول	5	**حرکات پایه:** راه‌رفتن به جلو با دست و پای مخالف، راه‌رفتن به عقب، راه‌رفتن به پهلوها (راست و چپ)، راه‌رفتن همانند رژهٔ سرباز، زانو بلند راه‌رفتن، راه‌رفتن تند، روی یک پا ایستادن، روی سینه با یک پا ایستادن و عوض‌کردن پا، دویدن، اسکوات، اسکوات با بلندشدن روی پنجهٔ پا، اسکوات با یک پا، لانگز **هدف از حرکات پایه:** برای آمادگی و اصلاح ساختاری (طرز صحیح ایستادن، راه‌رفتن و اصلاح ناهنجاری‌های اسکلتی)، آماده‌سازی عمومی (افزایش آمادگی جسمانی، پیشگیری از آسیب‌دیدگی، تقویت عضلات، هماهنگی اولیه در عصب و عضله، تقویت تحمل تاندون‌ها در برابر فشارهای تمرینی و ایجاد تعادل) **حرکات اختصاصی**: فلکشن زانو با نزدیک‌شدن به آرنج مخالف، فلکشن ران با نزدیک‌شدن دست مخالف، ابداکشن ران و نزدیک‌کردن دست همان طرف به‌سمت همان پا، فلکشن زانو همراه با چرخش خارجی ران با نزدیک‌کردن دست، پروانه با حرکت دست و پا از دو طرف
دوم	5	تکرار هفتهٔ اول
سوم	6	تکرار هفتهٔ دوم + اسکوات پرشی

جدول ۳- انواع حرکات طی هشت هفته

Table 3- Types of Movements during Eight Weeks

هفته‌ها	تعداد حرکات	نوع حرکات
چهارم	6	تکرار هفتهٔ سوم
پنجم	7	تکرار هفتهٔ چهارم + لانگز پرشی با بالاآمدن دست‌ها
ششم	7	تکرار هفتهٔ پنجم
هفتم	8	تکرار هفتهٔ ششم + پله‌زدن تک‌پا و جفت‌پا
هشتم	8	تکرار هفتهٔ هفتم

نتایج

برای مقایسهٔ پس‌آزمون‌های دو گروه تمرینی در مقایسه با گروه کنترل از آزمون تحلیل کواریانس با درنظرگرفتن پیش‌آزمون به‌عنوان عامل کرویت و آزمون تعقیبی بنفرونی[1] استفاده شد. برای اطمینان از طبیعی‌بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک[2] و به‌منظور بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون لون[3] استفاده شد.

BMD و T-score

میانگین و انحراف معیار پیش‌آزمون و پس‌آزمون BMD و T-score برای هر سه گروه در جدول شمارهٔ چهار ارائه شده است. نتایج تحلیل کواریانس و آزمون تعقیبی بنفرونی برای BMD نشان داد که مقادیر BMD [F(2,27)=24.94, P = 0.001, ηp2 = 0.66] در گروه تمرین با BFR (P = 0.001) و تمرین بدون BFR (P = 0.001) در مقایسه با گروه کنترل افزایش معنادار داشت. همچنین بین دو گروه تمرینی تفاوت معنادار مشاهده شد (P = 0.028).

مقادیر T-score [F(2,27)=21.58, P = 0.001, ηp2 = 0.61] در تمرین با BFR (P = 0.001) و تمرین بدون BFR (P = 0.005) در مقایسه با گروه کنترل تغییر معنادار داشت همچنین بین دو گروه تمرینی تفاوت معنادار مشاهده شد (P = 0.014) (جدول شمارهٔ چهار و شکل شمارهٔ یک).

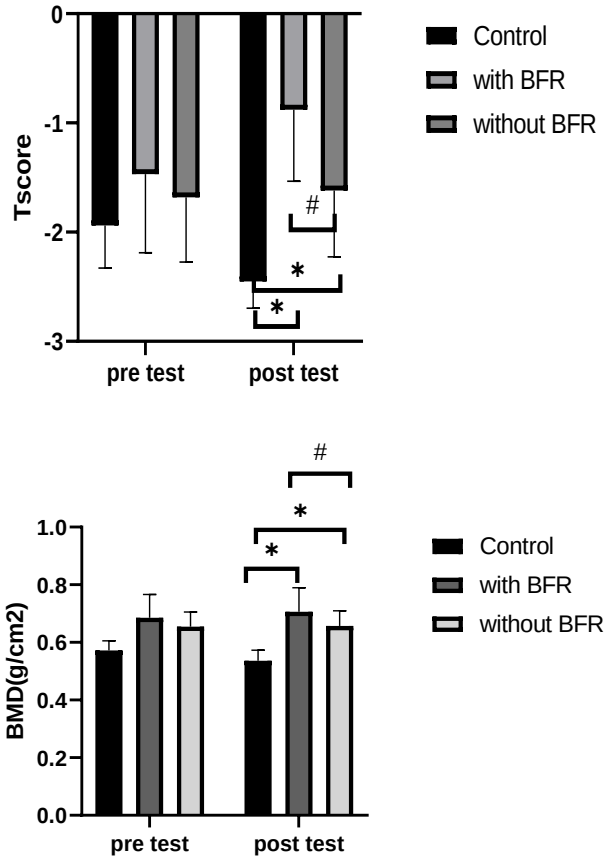
1. Bonferroni
2. Shapiro-Wilk
3. Levene's Test

جدول ۴- میانگین و انحراف معیار پیش‌آزمون و پس‌آزمون داده‌های BMD و T-score در گروه کنترل و دو گروه تمرینی

Table 4 - Mean and standard deviation of pre-test and post-test BMD and T-score data in control group and two training groups

The * sign indicates a significant difference between the post-test of the exercise group and the control group. The # sign indicates a significant difference between training with BFR and training without BFR

Training without BFR تمرین بدون BFR (M ± SD) (میانگین ± انحراف معیار)		Training with BFR تمرین با BFR (M ± SD) (میانگین ± انحراف معیار)		Control Group گروه کنترل (M ± SD) (میانگین ± انحراف معیار)		Variable متغیر
Post test پس‌آزمون	Pre test پیش‌آزمون	Post test پس‌آزمون	Pre test پیش‌آزمون	Post test پس‌آزمون	Pre test پیش‌آزمون	
*0.66 ± 0.05	0.65 ± 0.05	#*0.71 ± 0.08	0.68 ± 0.08	0.54 ± 0.37	0.55 ± 0.34	BMD(g/cm^2) تراکم مواد معدنی استخوان
*-1.62 ± 0.94	-1.68 ± 0.60	#*-0.88 ± 0.65	-1.47 ± 0.72	-2.45 ± 0.25	-1.94 ± 0.39	T-score نمرهٔ T



شکل ۱- مقادیر BMD و T-score در گروه کنترل و گروه‌های تمرینی در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

***: تفاوت معنادار بین گروه‌های تمرینی و گروه کنترل، #: تفاوت معنادار بین دو گروه تمرینی**

Figure 1- BMD and T-Score Values in the Control Group and Training Groups in the Pre-Test and Post-Test

*** Shows a Significant Difference between the Training Groups and the Control Group. # Shows a Significant Difference between the Two Training Groups**

IGF-1, GH

میانگین و انحراف معیار پیش‌آزمون و پس‌آزمون IGF-1 و GH برای هر سه گروه در جدول شمارهٔ پنج ارائه شده است. نتایج تحلیل کواریانس و آزمون تعقیبی بنفرونی برای IGF-1 نشان داد که مقادیر IGF1 [F(2,27)=79.79, p = 0.001, ηp2 = 0.86] در گروه تمرین با BFR (P = 0.001) و تمرین بدون BFR (P = 0.013) در مقایسه با گروه کنترل افزایش معنادار داشت. همچنین بین دو گروه

تمرینی تفاوت معنادار مشاهده شد (P = 0.001). مقادیر GH [F(2,27)=48.85, P = 0.001, η_p^2 = 0.79] در تمرین با BFR (P = 0.001) در مقایسه با گروه کنترل افزایش معنادار داشت. همچنین بین دو گروه تمرینی تفاوت معنادار مشاهده شد (P = 0.001) (جدول شمارهٔ پنج، شکل شمارهٔ دو).

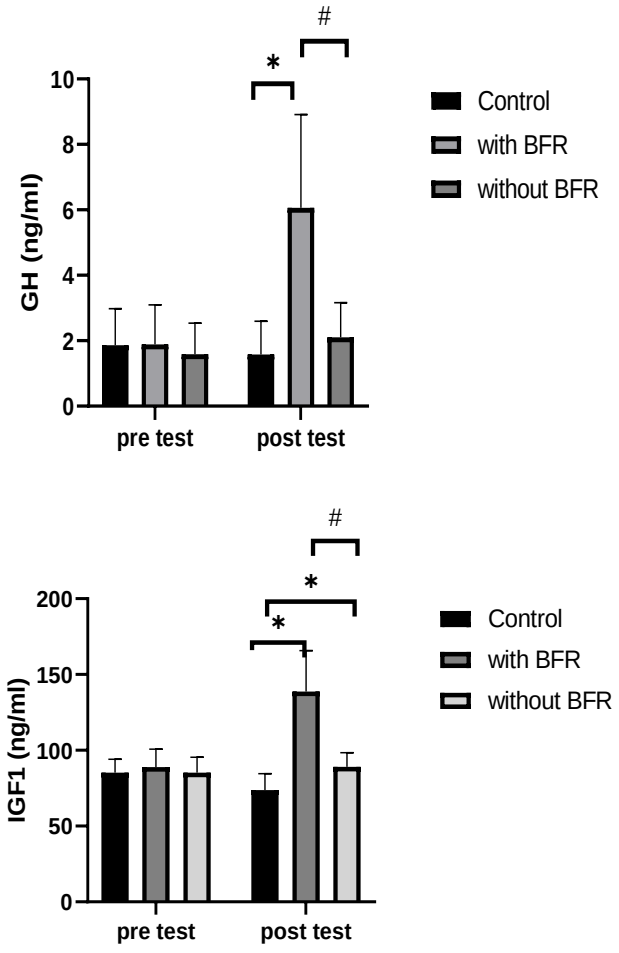
جدول ۵- میانگین و انحراف معیار پیش‌آزمون و پس‌آزمون داده‌های IGF-1 و GH در گروه کنترل و دو گروه تمرینی

***: تفاوت معنادار پس‌آزمون‌های گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل، #: تفاوت معنادار تمرین با BFR در مقایسه با تمرین بدون BFR**

Table 5 - Mean and standard deviation of pre- and post-test IGF-1 and GH data in control group and two training groups

The * sign indicates a significant difference between the post-test of the exercise group and the control group. The # sign indicates a significant difference between training with BFR and training without BFR.

Training without BFR تمرین بدون BFR (M ± SD) (میانگین ± انحراف معیار)		Training with BFR تمرین با BFR (M ± SD) (میانگین ± انحراف معیار)		Control Group گروه کنترل (M ± SD) (میانگین ± انحراف معیار)		Variable متغیر
Post test پس‌آزمون	Pre test پیش‌آزمون	Post test پس‌آزمون	Pre test پیش‌آزمون	Post test پس‌آزمون	Pre test پیش‌آزمون	
*89.00 ± 9.33	83.30 ± 10.10	#*138.80 ± 26.94	89.90 ± 11.85	73.80 ± 10.80	85.30 ± 8.77	IGF-1(ng/ml) فاکتور رشد شبه‌انسولین یک
*2.10 ± 1.06	1.59 ± 0.94	#*6.06 ± 2.85	1.89 ± 1.20	1.58 ± 1.01	1.86 ± 1.12	(ng/ml) GH هورمون رشد



شکل ۲- مقادیر IGF-1 و GH در گروه کنترل و گروه‌های تمرینی در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

***: تفاوت معنادار بین گروه‌های تمرینی و گروه کنترل، #: تفاوت معنادار بین دو گروه تمرینی**

Figure 2 - Values 1 - IGF and GH in the control group and training groups in the pre-test and post-test

*** The shows that there is a significant difference between the training and office groups is the control group. # To show a significant difference between two training groups**

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد میانگین مقادیر BMD، T-score و IGF-1 در گروه‌های تمرینی در آب با و بدون BFR در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معنادار وجود داشت. مقدار GH فقط درگروه تمرین در آب با BFR نسبت به گروه کنترل افزایش معنادار داشت. همچنین نتایج نشان داد بین دو گروه تمرینی (گروه تمرین در آب با BFR با گروه تمرین در آب بدون BFR) تفاوت معنادار دیده شد؛ به‌طوری‌که نشان‌دهندهٔ افزایش مقادیر GH و IGF-1 به‌عنوان عوامل مرتبط با رشد عضلانی-استخوانی و بهبود مقادیر BMD و T-score به‌عنوان عوامل مرتبط با سلامت استخوان بود.

به نظر می‌رسد به‌دلیل کاهش مقادیر استروژن در زنان در دورهٔ سالمندی، دو هورمون GH و IGF-1 نقش مهمی در چگالی و سلامت استخوان دارند؛ به‌طوری‌که هورمون GH از طریق افزایش نفوذپذیری غشای سلول‌ها به بهبود انتقال اسیدهای آمینه منجر می‌شود و از طرف دیگر موجب افزایش مقادیر هورمون IGF-1 از طریق اثرگذاری بر کبد می‌شود (۲۲).

پژوهش‌های گذشته بیانگر آن است که فعالیت ورزشی به تحریک ترشح GH و IGF-1 در غیاب استروژن منجر می‌شود که به‌دنبال آن باعث افزایش BMD می‌شود. به نظر می‌رسد تحریک ناشی از تمرین ورزشی از یک سو با استفاده از تحریکات تکرارشونده و از سوی دیگر با ایجاد آسیب‌های جزئی ناشی از ضربات متعدد و ترمیم در دورهٔ ریکاوری، به افزایش BMD منجر می‌شود (۲۳). همچنین فعالیت بدنی از طریق فشار بر استخوان که ناشی از تمرین‌های استقامتی و تحمل وزن می‌شود، باعث افزایش تشکیل استخوان و فعالیت استئوبلاست‌ها می‌شود (۹). استخوانی که زیر فشار مکانیکی است، موجب تنظیم کاهشی RANKLβ[1] و تنظیم افزایشی بیانNO[2] در استئوسیت‌ها از مسیر پیام‌رسانی MAPK[3] می‌شود و درنهایت موجب کاهش فعالیت استئوکلاست‌ها می‌شود (۳). IGF-1 به‌عنوان یکی از مهم‌ترین هورمون‌های پپتیدی آنابولیک اتوکراینی و پاراکراینی که به محرک‌های مکانیکی پاسخ می‌دهد، در ارتباط با سازگاری‌های هایپرتروفی و افزایش BMD مدنظر پژوهشگران قرار گرفته است. دربارهٔ تمرینات BFR پژوهش‌ها نشان داده‌اند که این‌گونه تمرینات باعث افزایش سطوح GH و IGF-1 می‌شوند که پیامد آن فعال‌سازی مسیر mTOR[4] به‌عنوان اصلی‌ترین سیگنال تحریک استئوبلاست‌هاست (۲۲). در مطالعهٔ حاضر نیز تمرینات BFR به افزایش مقادیر هورمون GH و IGF-1 منجر شد؛ به‌طوری‌که نتایج نشان‌داد افزایش شرایط متابولیکی درگروه تمرین با BFR نسبت به

1. The Receptor Activator of Nuclear Factor K-β ligand
2. Nitric oxide
3. Mitogen-activated protein kinase
4. The mammalian target of rapamycin

گروه تمرین بدون BFR باعث ترشح بیشتر GH پس از یک دوره تمرین می‌گردد که با نتایج مطالعات راسنیک و همکاران (۱۰)، سنتنر[1] (۱۳)، شیمیزو و همکاران (۱۵) و لینرو و چوی (۱۶) همسوست؛ درحالی‌که با نتایج پژوهش باصره و همکاران (۱۷) همخوانی ندارد. IGF-1 در گروه تمرینی با BFR به‌طور معناداری بیشتر از گروه بدون BFR بود. راسنیک و همکاران (۱۰) در مطالعهٔ خود نشان دادند که IGF-1 از طریق فعال‌سازی مسیر پروتئین کیناز B (AKT)[2]، تراکم استخوان را افزایش می‌دهد. این مسیر به‌واسطهٔ اتصال به گیرنده‌های بتا آدرنرژیک، تمایز استئوبلاست‌ها و سنتز کلاژن را تحریک می‌کند و از طرفی موجب افزایش آپوپتوزیس[3] استئوکلاست‌ها می‌شود.

از دیگر یافته‌های مهم پژوهش حاضر، اثرگذاری تمرینات در آب همراه با BFR بر مقادیر BMD و T-score در مقایسه با گروه کنترل بود. این یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج مطالعات تیان و همکاران (۳)، پارک و همکاران (۹) و راسنیک و همکاران (۱۰) همسوست؛ درحالی‌که با نتایج پژوهش والر[4] و همکاران (۱۹) همخوانی ندارد. پژوهش‌های انجام‌شده با تمرینات BFR نتایج متفاوتی را در جمعیت‌های مختلف نشان داده‌اند؛ به‌طوری‌که این نتایج گاهی ضد و نقیض است و نشان‌دهندهٔ دخالت شاخص‌های مختلف تمرینی و اثرگذاری آن‌ها در نتایج است. در نگاه اول می‌توان دلیل همخوانی و نبود همخوانی مطالعات پیشین با پژوهش حاضر را به استفاده‌کردن یا استفاده نکردن از BFR و محیط تمرینی (خشکی یا آبی) مرتبط دانست. بیشتر مطالعات انجام‌شده در زمینهٔ اثر تمرین با BFR و بدون BFR بر استخوان در محیط خشکی انجام شده‌اند یا اگر در محیط آب انجام شده‌اند، بدون BFR و در مدت زمان طولانی‌تری بوده‌اند. در همین راستا در پژوهشی مروری، سیماس[5] و همکاران (۲۴) دریافتند که تأثیر تمرین هوازی در آب بر سلامت استخوان در مقایسه با تمرین در خشکی به شدت زیاد و مدت زمان طولانی‌تری نیاز دارد. همچنین والر و همکاران (۱۹) در پژوهش خود از تمرین بدون BFR استفاده کردند و دریافتند که تمرین در آب در مقایسه با تمرین در خشکی بر مقدار BMD تأثیر کمتر دارد و به مدت زمان طولانی‌تری نیاز دارد؛ زیرا به‌دلیل سبک‌شدن، تحمل بار روی استخوان‌ها کاهش می‌یابد؛ بنابراین در این پژوهش معناداری مقدار BMD و T-score در گروه با BFR در مقایسه با گروه بدون BFR حاکی از آن است که تمرین هوازی در آب با انسداد و شدت کم، به اندازهٔ تمرین با شدت زیاد و بدون انسداد موجب افزایش BMD و T-score شد. با توجه به همسویی در افزایش مقادیر GH، IGF-1، BMD و T-score می‌توان گفت تمرین در آب با BFR از طریق

1. Centner
2. Protein Kinase B
3. Apoptosis
4. Waller
5. Simas

افزایش هورمون‌های یادشده به افزایش BMD و T-score در زنان سالمند منجر شد. به نظر می‌رسد یکی از نتایج مهم پژوهش حاضر، اثرگذاری این‌گونه تمرینات در محیط آبی در مدت هشت هفته است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که انجام‌دادن تمرینات در آب به‌دلیل حذف اثر وزن به‌خاطر اثرگذاری بر عواملی همچون BMD به زمان بیشتر و همچنین استفاده از وزنه‌های آزاد در آب نیاز دارد؛ بااین‌حال، تمرین به‌کاررفته در پژوهش حاضر در مدت زمان هشت هفته با استفاده از BFR به نتایج مناسبی دست یافت. شاید بتوان گفت از مؤلفه‌های مهم تمرین پژوهش حاضر که توانست سبب تغییر در BMD شود، به عواملی همچون افزایش تعداد هر ست، تعداد تکرار در هر ست، مقدار فشار کاف و آهنگ اجرای حرکات در طول هشت هفته اشاره کرد؛ بااین‌حال، برای درک میزان و اهمیت اثرگذاری هر عامل انجام‌دادن پژوهش‌های بیشتر در این زمینه لازم است.

به نظر می‌رسد در حال حاضر فعالیت بدنی به‌صورت تمرینات مقاومتی و هوازی تنها مداخلهٔ پایداری است که افت عملکرد در افراد سالمند را کاهش می‌دهد. تمرینات مقاومتی با تحریک عوامل تنظیمی مثبت و سرکوب عوامل منفی، محرک قوی برای افزایش فعالیت سلول‌های استئوبلاست هستند. در کنار تمرین مقاومتی، تمرین هوازی با شدت کم نیز با هدف بهبود سلامت قلبی-ریوی و کاهش تجمع چربی‌های غیرضروری بدن، می‌تواند موجب ارتقای بیشتر سلامتی و بهبود کیفیت زندگی سالمندان شود؛ بااین‌حال، تمرینات مقاومتی با شدت زیاد و همچنین استفاده از وزنه‌های سنگین با وجود اختلالاتی در استخوان‌ها و مفاصل افراد سالمند می‌تواند خطرناک باشد.

نتایج تمرینات در آب همراه با BFR، با توجه به برنامهٔ تمرینی در پژوهش حاضر نشان داد که علاوه‌بر افزایش مقادیر هورمون‌های GH و IGF-1 به‌عنوان مهم‌ترین عوامل تنظیم‌کنندهٔ رشد در سلول‌های مختلف و اثرگذاری بر عوامل استخوانی همچون BMD و T-score، می‌تواند همانند تمرینات استقامتی و مقاومتی به‌عنوان روشی کم‌خطر برای توسعهٔ سلامت استخوان استفاده شود. با توجه به موارد یادشده می‌توان نتیجه گرفت که هشت هفته تمرین در آب با BFR باعث افزایش BMD، T-score، GH و IGF-1 می‌شود.

پیام مقاله

برنامهٔ تمرین در آب با BFR با ویژگی‌های تمرینی یادشده، به‌عنوان یک روش تمرینی مناسب برای بهبود سلامت زنان سالمند به‌خصوص افراد دارای مشکلات در سیستم استخوانی توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

از تمامی شرکت‌کنندگان به‌عنوان آزمودنی، کارکنان محترم درمانگاه شهید مطهری شیراز، کادر آزمایشگاه درمانگاه شهید حرّ ریاحی، مدیریت استخر بعثت و از همهٔ افرادی که در این پژوهش ما را یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌کنیم.

منابع

1. Benedetti MG, Furlini G, Zati A, Letizia Mauro G. The Effectiveness of Physical Exercise on Bone Density in Osteoporotic Patients. Biomed Res Int. 2018;2018:4840531.
2. Jäckle K, Kolb JP, Schilling AF, Schlickewei C, Amling M, Rueger JM, et al. Analysis of low-dose estrogen on callus BMD as measured by pQCT in postmenopausal women. BMC Musculoskelet Disord. 2020;21(1):1-10.
3. Tian F, Wang Y, Bikle DD. IGF-1 signaling mediated cell-specific skeletal mechano-transduction. J Orthop Res. 2018;36(2):576-83.
4. Rego A, Tresguerres J, Tallon J. Application of growth hormone to reduce osseointegration time in dental implants. J Dent Health Oral Disord Ther. 2020;11(4):116-24.
5. Wang X, Wang S, Wu H, Jiang M, Xue H, Zhu Y, et al. Human growth hormone level decreased in women aged <60 years but increased in men aged >50 years. Medicine. 2020;99(2):e18440.
6. Yakar S, Werner H, Rosen CJ. 40 YEARS OF IGF1: Insulin-like growth factors: actions on the skeleton. J Mol Endocrinol. 2018;61(1):T115-T37.
7. Zhang S, Wang X, Li G, Chong Y, Zhang J, Guo X, et al. Osteoclast regulation of osteoblasts via RANK-RANKL reverse signal transduction in vitro. Mol Med Rep. 2017;16(4):3994-4000.
8. Pinheiro MB, Oliveira J, Bauman A, Fairhall N, Kwok W, Sherrington C. Evidence on physical activity and osteoporosis prevention for people aged 65+ years: a systematic review to inform the WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. Int J Behav Nutr Phys Act. 2020;17(1):1-53.
9. Park SY, Ahn SH, Yoo JI, Chung YJ, Jeon YK, Yoon BH, et al. Position Statement on the Use of Bone Turnover Markers for Osteoporosis Treatment. J Bone Metab. 2019;26(4):213-24.
10. Rathnayake N, Lenora J, Alwis G, Lekamwasam S. Prevalence and Severity of Menopausal Symptoms and the Quality of Life in Middle-aged Women: A Study from Sri Lanka. Nurs Res Pract. 2019;2019:2081507.
11. Kemmler W, Shojaa M, Kohl M, von Stengel S. Effects of Different Types of Exercise on Bone Mineral Density in Postmenopausal Women: A Systematic Review and Meta-analysis. Calcif Tissue Int. 2020;107(5):409-39.
12. Yasuda T, Loenneke JP, Thiebaud RS, Abe T. Effects of blood flow restricted low-intensity concentric or eccentric training on muscle size and strength. PloS one. 2012;7(12):e52843.

13. Centner C, Wiegel P, Gollhofer A, König D. Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscular Strength and Hypertrophy in Older Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. Sports Med. 2019;49(1):95-108.
14. Amani-Shalamzari S, Rajabi S, Rajabi H, Gahreman DE, Paton C, Bayati M, et al. Effects of blood flow restriction and exercise intensity on aerobic, anaerobic, and muscle strength adaptations in physically active collegiate women. Front Physiol. 2019;10(June):1-9.
15. Shimizu R, Hotta K, Yamamoto S, Matsumoto T, Kamiya K, Kato M, et al. Low-intensity resistance training with blood flow restriction improves vascular endothelial function and peripheral blood circulation in healthy elderly people. Eur J Appl Physiol. 2016;116(4):749-57.
16. Linero C, Choi SJ. Effect of blood flow restriction during low-intensity resistance training on bone markers and physical functions in postmenopausal women. J Exerc Sci Fit. 2021;19(1):57-65.
17. Basereh A, Ebrahim K, Hovanloo F, Dehghan P, Khoramipour K. Effect of blood flow restriction deal during isometric exercise on growth hormone and testosterone active males. Sport Physiology. 2017;9(33):51-68.
18. Carayannopoulos AG, Han A, Burdenko IN. The benefits of combining water and land-based therapy. J Exerc Rehabil. 2020;16(1):20-6.
19. Waller B, Ogonowska-Słodownik A, Vitor M, Rodionova K, Lambeck J, Heinonen A, et al. The effect of aquatic exercise on physical functioning in the older adult: a systematic review with meta-analysis. Age Ageing. 2016;45(5):593-601.
20. Hong AR, Kim SW. Effects of Resistance Exercise on Bone Health. Endocrinol Metab (Seoul). 2018;33(4):435-44.
21. Bond CW, Hackney KJ, Brown SL, Noonan BC. Blood Flow Restriction Resistance Exercise as a Rehabilitation Modality Following Orthopaedic Surgery: A Review of Venous Thromboembolism Risk. J Orthop Sports Phys Ther. 2019;49(1):17-27.
22. Ganesan GR, Vijayaraghavan PV. Urinary N-telopeptide: The New Diagnostic Test for Osteoporosis. Surg J (N Y). 2019;5(1):e1-e4.
23. Pearson SJ, Hussain SR. A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. Sports Med. 2015;45(2):187-200.
24. Simas V, Hing W, Pope R, Climstein M. Effects of water-based exercise on bone health of middle-aged and older adults: a systematic review and meta-analysis. Open Access J Sports Med. 2017;8:39-60.

استناد به مقاله

زرآور لیلا، نعمتی جواد، رضایی رسول، کوشکی جهرمی مریم، دریانوش فرهاد. تأثیر هشت هفته تمرین در آب با محدودیت جریان خون بر میزان هورمون رشد، فاکتور رشد شبه‌انسولین یک و متابولیسم استخوان زنان سالمند. فیزیولوژی ورزشی. پاییز ۱۴۰۰؛ ۱۳(۵۱): ۹۲-۶۹. شناسهٔ دیجیتال: 10.22089/SPJ.2021.10401.2130

L. Zaravar, J. Nemati, R. Rezaei, M. Koushkie Jahromi & F. Daryanoosh. Effect of Eight weeks Water Exercise with Blood Flow Restriction on Growth Hormone, Insulin-like Growth Factor-1 and Bone Metabolism in Elderly Women. Fall 2021; 13(51): 69-92. (In Persian). Doi: 10.22089/SPJ.2021.10401.2130