Journal of Arak University of Medical Sciences

February & March 2023, Vol 25, Issue 6

Research Paper

Correlation Between Serum Calcium, Phosphorus, and Alkaline Phosphatase Indices With Lumbar Bone Mineral Density In Active And Inactive Postmenopausal Women

Bakhtyar Tartibian[1], ***Leila Fasihi**[1], **Rasoul Eslami**[1]

1. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Allameh Tabataba'i, Tehran, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Tartibian B, Fasihi L, Eslami R. [Correlation Between Serum Calcium, Phosphorus, and Alkaline Phosphatase Indices With Lumbar Bone Mineral Density In Active And Inactive Postmenopausal Women (Persian)]. Journal of Arak University of Medical Sciences(JAMS). 2023; 25(6):120-133. https://doi.org/10.32598/JAMS.25.1.6701.1

https://doi.org/10.32598/JAMS.25.1.6701.1

CC BY NC

Article Info:

Received: 07 Nov 2021

Accepted: 22 Jan 2022

Available Online: 01 Mar 2023

Key words:

Osteoporosis, Postmenopausal women, Alkaline phosphatase, Calcium, Phosphate

ABSTRACT

Background and Aim Menopause is a period in a woman's life that can be physically damaging. However, its effect on bone mineral density is still debatable. This study investigated the relationship between serum calcium, phosphorus, and alkaline phosphatase indices with lumbar bone mineral density in active and inactive postmenopausal women.

Methods & Materials The number of subjects was 55 active postmenopausal women and 60 inactive postmenopausal women aged 45 to 85 years. Serum indices of calcium, phosphorus, and alkaline phosphatase and anthropometric of the subjects were measured. The Pearson correlation coefficient test was used to analyze the research data. SPSS software v. 26 was used to analyze the data.

Ethical Considerations This study was approved by the Research Ethics Committee of Allameh Tabataba'i University with code IR.ATU.REC.1399.038.

Results The results showed a significant correlation between serum levels of alkaline phosphatase (P=0.021), calcium (P=0.019), and phosphorus (P=0.011) with lumbar bone mineral density in active postmenopausal women and also between body mass index with lumbar bone mineral density in both groups of active (P=0.014) and inactive (P=0.038) postmenopausal women. No significant relationship was found between other indicators.

Conclusion According to the results of the present study, being active may have had beneficial effects on bone metabolism and has led to a better state of bone mineral density. It may also help to use these blood and anthropometric variables in identifying people at risk for osteoporosis in adulthood and old age.

* *Corresponding Author:*
Leila Fasihi
Address: Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Allameh Tabataba'i, Tehran, Iran.
Tel: +98 (918) 2183604
E-mail: l_fasihi@atu.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Menopause is a sensitive and challenging period for women, which leads to various problems such as osteoporosis, mood swings, decreased libido, low back pain, and short stature over time [1]. Osteoporosis is an age-related skeletal disease characterized by decreased bone density and loss of bone tissue, leading to increased bone fragility and fracture [3]. In general, osteoporosis occurs when new bones do not form and do not fit together [4]. Among the group with the highest risk and vulnerability is the group of older and postmenopausal women [4]. Various factors are effective in changing the markers of bone metabolism: internal factors such as gender and hormones and external factors such as lifestyle [5]. Calcium, phosphorus, and alkaline phosphate are indicators of bone metabolism, the increase or decrease of which has many effects on bone density. Any disorder in bone metabolism and minerals may lead to osteoporosis and other irreversible bone damage [6]. Among the markers of bone metabolism, alkaline phosphate is an essential enzyme. This enzyme induces the ossification process, which breaks down inorganic phosphate from organic phosphates and increases calcium-phosphate production [7]. The ability to mineralize has also led to the breakdown of inorganic pyrophosphate, an inhibitory factor in mineralization [8]. Regular physical activity has been shown to prevent falling and bone fractures and improve balance in people with osteoporosis [20].

Numerous studies have been performed on the effect of exercise on serum markers of bone metabolism, but the results are contradictory [26, 27]. Although the exact mechanisms of exercise activity in preventing osteoporosis or improving bone markers are still unclear, it is clear that increased mechanical pressure on bone tissue causes physiological adaptations that prevent skeletal diseases such as osteoporosis [28]. Prevention of skeletal diseases such as osteoporosis, especially in postmenopausal women, is a good way to treat this type of disease [34]. Medium-intensity aerobic exercise also affects the expression of the alkaline phosphatase gene and serum bone markers in sedentary postmenopausal women [29]. This study investigated the relationship between serum calcium, phosphorus, and alkaline phosphatase with lumbar bone mineral density in active and inactive postmenopausal women.

Materials and Methods

The number of subjects was 55 active postmenopausal women and 60 inactive postmenopausal women aged 45 to 85 years. Patients included postmenopausal women who had reached menopause two years earlier and received a bone densitometry scan at least six months earlier. Also, they had a file containing laboratory information in the computer archives of Ayatollah Kashani Hospital. Informed consent was obtained from all participants to use information related to blood tests and bone mineral density tests (dual-energy x-ray absorptiometry [DEXA]). Serum indices of calcium, phosphorus, and alkaline phosphatase and anthropometrics (age, weight, height, body mass index) were measured. Body mass index was obtained by dividing a person's weight in kilograms by the power of height in meters. After contacting them and completing a questionnaire containing personal information, osteoporosis, and physical activity, 80 active postmenopausal women volunteered, 20 of whom were excluded due to using anti-osteoporosis drugs or having chronic disease. Finally, 55 active women and 60 inactive women were selected. In addition to descriptive statistics, the Pearson correlation coefficient test was used to analyze the research data. SPSS software v. 26 was used to analyze the data.

Results

The correlation coefficients between osteoporosis indices and lumbar bone mineral density of active postmenopausal women are presented in Table 1.

The values related to the correlation coefficient between body mass index and lumbar mineral density of inactive postmenopausal women are presented in Table 2.

Discussion

The present study showed a significant relationship between serum calcium, phosphorus, and alkaline phosphatase with bone minerals among active postmenopausal women. Calcium-based phosphate is associated with a reduced risk of osteoporosis in hemodialysis patients. The researchers reported a significant relationship between phosphorus and serum calcium levels and osteoporosis [30]. Inconsistent with the above study, Tariq et al. (2019), in a study entitled " Alkaline phosphatase is a predictor of Bone Mineral Density in postmenopausal females" reported that alkaline phosphatase and calcium do not predict bone mineral density in the elderly, while serum alkaline phosphatase and calcium are strong predictors of healthy elderly [34]. Plasma and calcium-phos-

Table 1. The correlation coefficient between osteoporosis indices and bone mineral density (BMD) of lumbar bone inactive postmenopausal women (n=55)

Osteoporosis Indices	BMD: 0.96±0.13	
	r*	P**
Age (y)	-0.70	0.035**
Height (cm)	-0.37	0.24
Weight (kg)	0.68	0.03**
Body mass index (kg/m²)	0.79	0.014**
Lumbar spine (L1-L4) (g/cm²)	0.76	0.031**
Calicum serum (mg/dL)	0.72	0.019**
Phosphorous serum (mg/dL)	0.85	0.011**
Alkaline phosphatase serum (U/L)	0.81	0.021**

• The Pearson correlation coefficient,.** Significant difference at P≤0.05

Journal of Arak University of Medical Sciences

phorus changes are mostly related to hormonal factors that regulate calcium levels. Parathyroid hormone is an important factor in regulating bone metabolism. On the other hand, increasing the presence of phosphate ions also increases the amount of parathyroid hormone. Maintaining inorganic calcium/phosphate ion hostage through protein-binding receptors in the kidney, bone, and intestine is the most important physiological function.

The implementation of exercise programs both in treatment and prevention has a positive effect on bone mass density [35]. Exercise improves the absorption of calcium from the digestive system and therefore reduces bone mineral absorption. On the other hand, sufficient amounts of calcium reduce the production of parathyroid hormone, which affects the positive changes in bone mass [32]. Fathi et al. investigated the effect of eight weeks of aerobic exercise on serum levels of parathyroid hormone, estrogen, and alkaline phosphatase in obese women with premature menopause [39]. Their research showed that aerobic exercise significantly increases serum calcium, phosphorus, and parathyroid hormone levels in post-

Table 2. The correlation coefficient between osteoporosis indices and mineral density (BMD) of lumbar bone in inactive postmenopausal women (n=60)

Osteoporosis Indices	BMD: 0.96±0.13	
	r*	P**
Age (y)	-0.75	0.033**
Height (cm)	-0.29	0.41
Weight (kg)	0.83	0.012**
Body mass index (kg/m²)	0.74	0.038**
Lumbar spine (L1-L4) (g/cm²)	0.38	0.11
Calcium serum (mg/dL)	0.46	0.24
Phosphorus serum (mg/dL)	0.44	0.21
Alkaline phosphatase serum (U/L)	0.39	0.025

*The Pearson correlation coefficient, ** Significant difference at P≤0.05

Journal of Arak University of Medical Sciences

menopausal women. Al-Ghadir et al. examined the effect of 12 weeks of aerobic exercise on 65 patients (36 males and 29 females) [40]. At the end of the period, there was a significant increase in bone metabolic parameters such as free calcium, alkaline phosphatase, and bone mineral density. Considering this issue, one of the applications of the present study is to use the amount of these indicators in adulthood and old age in predicting bone mineral density. It may also help to use these blood and anthropometric variables in identifying people at risk for osteoporosis in adulthood and old age (people 55 to 85 years old).

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study has been approved by the Ethics Committee of Allameh Tabatabai University with ID IR.ATU.REC.1399.038.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Authors' contributions

All authors contributed equally in preparing all parts of the research.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgements

The authors thank Ayatollah Kashani hospital for granting access to the subjects and data support and thank the participants in this study.

This Page Intentionally Left Blank

مقاله پژوهشی

ارتباط بین کلسیم، فسفر و آلکالین فسفاتاز سرمی با تراکم مواد معدنی استخوان کمر در زنان یائسه فعال و غیرفعال

بختیار ترتیبیان[۱]، *لیلا فصیحی[۱]، رسول اسلامی[۱]

۱. گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۶ آبان ۱۴۰۰
تاریخ پذیرش: ۰۳ بهمن ۱۴۰۰
تاریخ انتشار: ۱۲ فروردین ۱۴۰۱

چکیده

زمینه و هدف یائسگی، دورانی از زندگی زنان است که ازنظر جسمانی می‌تواند آسیب‌رسان باشد. بااین‌حال تأثیر آن بر تراکم مواد معدنی استخوان هنوز قابل‌بحث است. بنابراین هدف از این مطالعه، بررسی ارتباط بین کلسیم، فسفر و آلکالین فسفاتاز سرمی با تراکم مواد معدنی استخوان کمر در زنان یائسه فعال و غیرفعال بود.

مواد و روش‌ها تعداد آزمودنی‌ها ۵۵ نفر زن یائسه فعال و ۶۰ نفر زن یائسه غیرفعال ۴۵ تا ۸۵ سال بود. شاخص‌های سرمی کلسیم، فسفر و الکالین فسفاتاز و ویژگی‌های آنتروپومتریک آزمودنی‌ها بررسی شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های تحقیق از آزمون ضریب همبستگی پیرسون و از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شد.

ملاحظات اخلاقی این مطالعه در کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علامه طباطبایی با شناسه IR.ATU.REC.1399.038 تأیید شده است.

یافته‌ها نتایج نشان داد همبستگی معناداری بین سطح سرمی شاخص‌های، آلکالین فسفاتاز (P=۰/۰۲۱)، کلسیم (P=۰/۰۱۹) و فسفر (P=۰/۰۱۱) با تراکم مواد معدنی استخوان کمر در گروه زنان یائسه فعال و همچین بین شاخص توده بدنی با تراکم مواد معدنی استخوان کمر در هر ۲ گروه زنان یائسه فعال (P=۰/۰۱۴) و غیرفعال (P=۰/۰۳۸) وجود دارد. بین سایر شاخص‌ها ارتباط معناداری یافت نشد.

نتیجه‌گیری با توجه به نتایج تحقیق حاضر احتمالاً فعال بودن آثار مفیدی بر متابولیسم استخوانی برجای گذاشته و سبب وضعیت بهتر تراکم مواد معدنی استخوانی شده است. شاید این موضوع بتواند کمک کند تا از متغیرهای خونی و آنتروپومتریکی در شناسایی افراد در معرض خطر پوکی استخوان در دوران بزرگسالی و سالمندی استفاده کرد.

کلیدواژه‌ها:
پوکی استخوان، زنان یائسه، آلکالین فسفاتاز، کلسیم، فسفات

* نویسنده مسئول:
لیلا فصیحی
نشانی: تهران، دانشگاه علامه طباطبایی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی.
تلفن: ۲۱۸۳۶۰۴ (۹۱۸) ۹۸+
پست الکترونیکی: l_fasihi@atu.ac.ir

مقدمه

یائسگی برای زنان دورانی حساس و چالش‌برانگیز است که مشکلات مختلفی مانند پوکی استخوان، تغییر خلق‌وخو، کاهش میل جنسی، کمردرد و به‌مرور زمان کوتاه شدن قد را درپی دارد [۱]. دائماً استخوان‌های انسان در حال بازسازی هستند و بافت‌های قدیمی تخریب و بافت‌های جدید استخوانی جایگزین می‌شوند. سرعت تشکیل این استخوان‌های جدید وقتی در سن پایین‌تر و جوان هستید، زیاد و بیشتر از تخریب استخوان‌های قدیمی و کهنه است. درنتیجه توده استخوانی افزایش می‌یابد [۱]. این روند با افزایش سن به‌کندی ادامه می‌یابد. تخریب این توده‌های استخوانی با بالا رفتن سن با سرعت بیشتری انجام می‌شود که درنتیجه پوکی استخوان را به همراه دارد. در جوانی توده‌های استخوانی که به وجود می‌آید تا حدی ارثی است و احتمال مبتلا شدن به پوکی استخوان به میزان توده استخوانی تشکیل‌شده در جوانی مرتبط است [۲]. پوکی استخوان یا استئوپروز یک بیماری اسکلتی وابسته به سن است که از مشخصات این بیماری کاهش چگالی استخوانی است و باعث از دست رفتن بافت استخوان و به افزایش شکنندگی و شکستگی استخوان منجر می‌شود [۳]. به‌صورت کلی پوکی استخوان زمانی اتفاق می‌افتد که با از بین رفتن استخوان‌های قدیمی، استخوان جدیدی ایجاد نشود و استخوان‌ها باهم تناسب نداشته باشند. ازجمله گروهی که بیشترین خطر و آسیب‌پذیری را دارند، گروه زنان مسن‌تر و یائسه است [۴].

عوامل گوناگونی در تغییرات نشانگرهای متابولیسم استخوانی مؤثر است که می‌توان به عوامل داخلی نظیر جنسیت، هورمون و عوامل خارجی نظیر شیوه زندگی اشاره کرد [۵]. کلسیم، فسفر و آلکالین فسفات نشانگرهای متابولیسم استخوان است که افزایش یا کاهش آن‌ها تأثیرات فراوانی بر تراکم استخوان‌ها می‌گذارد و هر نوع اختلال در متابولیسم استخوانی و مواد معدنی موجود در آن ممکن است به پوکی استخوان و دیگر ضایعات استخوانی غیرقابل‌جبران منجر شود [۶]. در میان نشانگرهای متابولیسم استخوانی، آلکالین فسفات یک آنزیم ضروری به شمار می‌رود. آلکالین فسفات ممکن است عامل ایجادکننده فرایند استخوان‌سازی تلقی شود که موجب شکسته شدن فسفات غیرآلی از فسفات‌های آلی می‌شود و تولید کلسیم و فسفات را زیاد می‌کند. توانایی معدنی شدن نیز موجب شکسته شدن پیروفسفات غیرعالی شده که خود یک عامل بازدارنده معدنی شدن است [۷]. همچنین، آلکالین فسفات عامل تنظیم‌کننده تکثیر سلولی و انتقال فسفات است [۶].

دو نشانگر متابولیسم استخوانی دیگر، کلسیم و فسفر نیز موجب افزایش توده استخوانی می‌شوند. همچنین موجب نظم ضربان قلبی، رقت خون، انتقال پیام‌های عصبی، انقباض عضلانی و شکل‌گیری استخوان‌ها می‌شوند [۷]. ازجمله موادی که به پیشگیری پوکی استخوان کمک می‌کنند، پروتئین‌ها، کلسیم و ویتامین D هستند. این مواد مغذی می‌توانند ازطریق مواد غذایی برای بدن تأمین شوند [۸]. جذب اشعه ایکس دوگانه[1] ابزار بالینی ارجح برای تشخیص پوکی استخوان و تعیین شدت آن است. این تجهیزات به‌طور گسترده دردسترس است و تعداد زیادی از پزشکان در حال حاضر اسکن مفصل ران و ستون فقرات را به‌عنوان استاندارد طلایی به کار می‌برند. تراکم کم مواد معدنی استخوان[2] یک عامل خطر مهم در پوکی استخوان و شکستگی‌های مربوط به آن است [۹]. طبق تعریف سازمان بهداشت جهانی[3] پوکی استخوان به کاهش تراکم استخوان درحد ۲/۵- انحراف معیار کمتر از حد متوسط برای افراد جوان سالم هم‌جنس و هم‌نژاد گفته می‌شود (T-score≤-۲/۵) [۱۰]. مقدار انحراف معیار بالاتر از ۱- نرمال (T-score ≤-۱) و کسانی که بین این مقادیر باشند، استئوپنی نامیده می‌شوند (-۱>T-score>-۲/۵) [۱۱]. در سن ۳۰ سالگی بیشترین میزان توده استخوانی در بدن وجود دارد و در این سن استخوان‌ها از استحکام بالایی برخوردار هستند. با بالارفتن سن، توده‌های استخوانی به‌مرور کم می‌شوند و در دوران یائسگی در طول مدت ۵ الی ۱۰ سال به‌شدت توده‌های استخوانی کاهش می‌یابد و حدود یک‌سوم توده استخوانی از دست می‌رود [۱۲]. تحقیقات نشان می‌دهند اکثر مبتلایان به بیماری پوکی استخوان را زنان تشکیل می‌دهند و مهم‌ترین عامل بیماری پوکی استخوان در زنان یائسه، در ارتباط با کاهش ترشح هورمون استروژن است و تقریباً نیمی از زنان در طول عمر خود به این بیماری مبتلا می‌شوند [۱۳،۱۴]. توده استخوانی با افزایش سن بدون علامت کاهش می‌یابد. به همین دلیل پیشگیری از این بیماری از اهمیت زیادی برخوردار است [۱۵]. حدود ۱ درصد زنان در سن زیر ۴۰ سالگی یائسه می‌شوند که به آن یائسگی زودرس می‌گویند. پایین بودن میزان هورمون‌های استروژن در چنین سنی می‌تواند موجب پوکی استخوان زودرس شود و همین امر باعث می‌شود تا استخوان‌ها ضعیف و سست شوند و آنان به شکستگی‌های لگن و ستون فقرات و مچ دست مبتلا شوند [۱۶]. سطح هورمون‌ها (تستوسترون در مردان و استروژن در زنان) با افزایش سن، کم شده و باعث شکننده‌تر شدن استخوان‌ها می‌شود [۴]. هورمون استروژن موجب افزایش تراکم استخوان‌ها و تولید کلاژن شده که به‌عنوان یک عامل کاهنده پوکی استخوان شناسایی شده است [۱۷]. گزارشی نشان داده است استروژن در بیان ژن‌های استئوبلاست اثرات القاکننده دارد. از طرفی، پوکی استخوان قابل‌پیشگیری است و ساده‌ترین راه مقابله با این بیماری، آموزش رفتارهای پیشگیری‌کننده ازجمله تغییر سبک زندگی غیرفعال به فعال است [۱۸]. در تحقیقات اخیر بیان شده است که از فعالیت بدنی برای درمان یا پیشگیری از پوکی

1. Dual-Energy X- ray Absorptiometry (DXA)
2. Bone Mineral Density (BMD)
3. World Health Organization (WHO)

استخوان استفاده شده است [۱۹]. همچنین انجام فعالیت بدنی منظم سبب پیشگیری از زمین خوردن، شکستگی استخوان و بهبود تعادل در افراد دارای پوکی استخوان می‌شود [۲۰].

فعالیت شدید ورزشی به‌طور چشمگیری تراکم مواد معدنی استخوان را افزایش می‌دهد. به‌علاوه عدم تحرک کافی و کاهش فعالیت بدنی در طول زندگی به‌طور معناداری سبب کاهش مواد معدنی استخوان می‌شود [۲۱]. نشان داده شده است اثر فعالیت ورزشی بر تراکم مواد معدنی استخوان به نوع فعالیت، مدت و شدت تمرین بستگی دارد [۲۲]. بیماری پوکی استخوان بخش عظیمی از جامعه را به‌علت کم‌توجهی به فعالیت بدنی و همچنین عدم بهره‌گیری از رژیم غذایی سرشار از کلسیم، تهدید می‌کند [۲۳]. از عوامل خطر تأثیرگذار در پوکی استخوان می‌توان به عوامل تغذیه‌ای، دریافت ناکافی کلسیم و ویتامین D، بی‌تحرکی و کم‌تحرکی، سن، وزن، شاخص توده بدن[4]، جنسیت، یائسگی، سابقه شکستگی و سابقه پوکی استخوان در اقوام درجه‌یک اشاره کرد [۲۴]. یکی از عوامل تشدیدکننده پوکی استخوان یائسگی زودرس است، مشکل اصلی در یائسگی از بین رفتن مواد معدنی استخوان است که عمدتاً از بین رفتن کلسیم در استخوان است. این از دست رفتن کلسیم به‌علت کاهش ترشح استروژن تخمدان‌ها است [۲۵].

مطالعات زیادی پیرامون تأثیر فعالیت‌های ورزشی بر مارکرهای سرمی سوخت‌وساز استخوان مورد بررسی قرار گرفتند که نتایج آن‌ها ضدونقیض است [۲۶، ۲۷]. هنوز سازوکارهای دقیق فعالیت ورزشی در پیشگیری از بیماری پوکی استخوان و یا بهبود مارکرهای استخوان نامشخص هستند، اما روشن است که افزایش فشار مکانیکی بر بافت استخوان باعث سازگاری‌های فیزیولوژیک می‌شود که از بیماری‌های اسکلتی مانند پوکی استخوان پیشگیری می‌کند [۲۸]. پیشگیری از بیماری‌های دستگاه اسکلتی مانند پوکی استخوان به‌ویژه در زنان یائسه، راهکار مناسبی نسبت به درمان این نوع بیماری‌ها محسوب می‌شود، همچنین تمرین هوازی با شدت متوسط بر بیان ژن آلکالین فسفاتاز و نشانگرهای سرمی استخوان در زنان یائسه کم‌تحرک تأثیرگذار است [۲۹]. بنابراین، هدف این مطالعه ارتباط بین کلسیم، فسفر و آلکالین فسفاتاز سرمی با تراکم مواد معدنی استخوان کمر در زنان یائسه فعال و غیرفعال بود.

مواد و روش‌ها

تعداد ۳۵۰ زن با میانگین سنی ۷۱/۲ سال (۴۵ تا ۸۵) بین شهریور سال ۱۳۹۸ و مرداد سال ۱۳۹۹ بررسی شدند. بیماران شامل زنان یائسه بودند که ۲ سال قبل به یائسگی رسیده بودند و حداقل ۶ ماه پیش اسکن دانسیتومتری استخوان دریافت کرده بودند و در فایل‌های بایگانی کامپیوتر بیمارستان آیت‌الله کاشانی دارای پرونده‌ی حاوی اطلاعات آزمایشگاهی بودند. طبق تعریف سازمان بهداشت جهانی پوکی استخوان به کاهش تراکم استخوان درحد ۲/۵- انحراف معیار کمتر از حد متوسط برای افراد جوان سالم هم‌جنس و هم‌نژاد گفته می‌شود (T-score≤-۲/۵) [۱۰]. مقدار انحراف معیار بالاتر از ۱- نرمال (T-score≤-۱) و کسانی که بین این مقادیر باشند، استئوپنی نامیده می‌شوند (T-score<-۱ -۲/۵) [۱۱]. بعد از تماس با آن‌ها و پس از تکمیل پرسش‌نامه حاوی اطلاعات شخصی، پوکی استخوان و فعالیت بدنی، ۸۰ زن یائسه فعال داوطلب شدند که ۲۵ نفر به‌علت استفاده از داروی ضدپوکی استخوان و یا داشتن بیماری مزمن حذف شدند و نهایتاً ۵۵ نفر زن فعال و ۶۰ نفر زن غیرفعال انتخاب شدند. از کلیه شرکت‌کنندگان جهت استفاده از اطلاعات مربوط به آزمایش خون و آزمایش سنجش تراکم مواد معدنی استخوان رضایت‌نامه دریافت شد. شاخص‌های سرمی کلسیم، فسفر و الکالین فسفاتاز و ویژگی‌های آنتروپومتریک (میزان سن، وزن، قد، شاخص توده بدنی) آزمودنی‌ها بررسی شد. شاخص توده بدنی ازطریق تقسیم وزن فرد به کیلوگرم بر توان دوم قد به متر به‌دست آمد. در پژوهش حاضر، آزمودنی‌های گروه غیرفعال افرادی بودند که فعالیت ورزشی خاصی نداشتند و ازنظر سنی با گروه فعال مشابه بودند. آزمودنی‌های گروه فعال شامل زنان یائسه‌ای بودند که به‌طور منظم به‌مدت حداقل ۱ سال، هفته‌ای ۳ جلسه و هر جلسه به مدت ۹۰ دقیقه فعالیت بدنی (پیاده‌روی سریع و حرکات کششی) داشتند. آزمودنی‌ها با استفاده از پرسش‌نامه دقیق، سابقه و پرونده پزشکی غربالگری شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل یائسه بودن، سن بین ۴۵ تا ۸۵ سال، داشتن سوابق پزشکی و آزمایشات بالینی در بیمارستان، جنسیت زن و دردسترس از طریق تلفن یا اینترنت بود. معیارهای خروج شامل داشتن بیماری مزمن، تحت درمان پوکی استخوان، سابقه مصرف داروهای هورمونی بود. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های تحقیق علاوه بر آمار توصیفی از آزمون ضریب همبستگی پیرسون[5] و از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها استفاده شد.

یافته‌ها

در جدول شماره ۱، خلاصه‌ای از اطلاعات توصیفی و آنتروپومتریکی آزمودنی‌ها به‌صورت میانگین و انحراف معیار ارائه شده است.

مقادیر مربوط به ضریب همبستگی بین شاخص‌های پوکی استخوان و تراکم مواد معدنی استخوان کمر زنان یائسه فعال در جدول شماره ۲ نشان داده شده است که مشاهده می‌شود در زنان یائسه فعال بین ویژگی‌های آنتروپومتریک (سن، وزن، شاخص توده بدنی) و شاخص‌های سرمی (کلسیم، فسفر و الکالین فسفاتاز) با تراکم مواد معدنی استخوان کمر ارتباط معناداری وجود دارد (P≤۰/۰۵).

4. Body Mass Index (BMI)

5. Pearson Correlation Coefficient

جدول ۱. اطلاعات آنتروپومتری و بالینی آزمودنی‌ها (زنان فعال n=۵۵ و زنان غیر فعال n=۰۶)

متغیرها	میانگین±انحراف معیار		سطح معناداری
	زنان فعال	زنان غیرفعال	
سن(سال)	۷۱/۲۱±۷/۴۸	۷۰/۵۲±۹/۲۹	۰/۰۶۵
قد(سانتی‌متر)	۱۶۲/۵۳±۴/۱۶	۱۶۱/۶۴±۵/۳۸	۰/۰۸۲
وزن(کیلوگرم)	۶۲/۵۹±۵/۴۴	۶۱/۶۱±۶/۷۳	۰/۰۱*
شاخص توده بدنی(کیلوگرم بر متر مربع)	۲۱/۱۷±۴/۱	۲۳/۰۲±۵/۲۱	۰/۰۱۵*
تراکم مواد معدنی استخوان کمر(گرم بر سانتی‌مترمربع)	۰/۹۶±۰/۱۳	۰/۸۷±۰/۱۱	۰/۰۲۱*
میزان کلسیم سرمی(میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۸/۷۹±۰/۵۶	۸/۸۸±۰/۶۱	۰/۰۳۵*
میزان فسفر سرمی(میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۳/۷۲±۰/۵۲	۳/۹۳±۰/۴۶	۰/۰۳۳*
میزان آلکالین فسفاتاز سرمی(واحد بین‌المللی در لیتر)	۱۷۴/۴۲±۶۸/۸۲	۱۶۹/۸۴±۵۹/۶۸	۰/۰۰۱*

*تفاوت معنادار در سطح P≤۰/۰۵

مقادیر مربوط به ضریب همبستگی بین شاخص توده بدنی و تراکم مواد معدنی استخوان کمر زنان یائسه غیرفعال در جدول شماره ۳ نشان داده شده است که مشاهده می‌شود در زنان یائسه غیرفعال بین ویژگی‌های آنتروپومتریک (سن، وزن، شاخص توده بدنی) با تراکم مواد معدنی استخوان کمر ارتباط معناداری وجود دارد (P≤۰/۰۵). در حالی‌که بین سایر شاخص‌ها (میزان کلسیم، فسفر و الکالین فسفاتاز) ارتباط معناداری وجود نداشت (P≥۰/۰۵).

بحث

استئوپروز بیماری متابولیکی استخوان است که با کاهش توده استخوانی در واحد حجم و درهم ریختن ساختمان درونی بافت استخوان و نازک و پوک شدن استخوان‌ها مشخص می‌شود. هدف از مطالعه حاضر بررسی ارتباط بین کلسیم، فسفر و آلکالین فسفاتاز سرمی با تراکم مواد معدنی استخوان کمر در زنان یائسه فعال و غیرفعال بود.

جدول ۲. ضریب همبستگی بین شاخص‌های پوکی استخوان و تراکم مواد معدنی استخوان کمر زنان یائسه فعال(n=۵۵)

شاخص‌های پوکی استخوان	تراکم مواد معدنی استخوان=(۰/۱۳±۰/۹۶)	
	ضریب همبستگی *	سطح معنی‌داری **
سن(سال)	-۰/۷۰	۰/۰۳۳*
قد(سانتی‌متر)	-۰/۳۷	۰/۲۴
وزن(کیلوگرم)	۰/۶۸	۰/۰۳*
شاخص توده بدنی(کیلوگرم بر متر مربع)	۰/۷۹	۰/۰۱۴*
تراکم مواد معدنی در استخوان کمر(گرم بر سانتی‌مترمربع)	۰/۷۶	۰/۰۳۱*
میزان کلسیم سرمی(میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۰/۷۲	۰/۰۱۹*
میزان فسفر سرمی(میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۰/۸۵	۰/۰۱۱*
میزان آلکالین فسفاتاز سرمی(واحد بین‌المللی در لیتر)	۰/۸۱	۰/۰۲۱*

*ضریب همبستگی پیرسون،**تفاوت معنادار در سطح P≤۰/۰۵

جدول ۳. ضریب همبستگی بین شاخص‌های پوکی استخوان و تراکم مواد معدنی استخوان کمر زنان یائسه غیرفعال(n=۶۰)

شاخص‌های پوکی استخوان	تراکم مواد معدنی استخوان (۰/۱۱±۰/۸۷)	
	ضریب همبستگی *	سطح معناداری **
سن(سال)	-۰/۷۵	۰/۰۳۵*
قد(سانتی متر)	-۰/۲۹	۰/۴۱
وزن(کیلوگرم)	۰/۸۳	۰/۰۱۲*
شاخص توده بدنی(کیلوگرم بر متر مربع)	۰/۷۴	۰/۰۳۸*
تراکم مواد معدنی در استخوان کمر(گرم بر سانتی‌متر مربع)	۰/۳۸	۰/۱۱
میزان کلسیم سرمی(میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۰/۴۶	۰/۲۴
میزان فسفر سرمی(میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۰/۴۴	۰/۲۱
میزان آلکالین فسفاتاز سرمی(واحد بین‌المللی در لیتر)	۰/۳۹	۰/۲۵

*r:ضریب همبستگی پیرسون،**تفاوت معنادار در سطح P<۰/۰۵

نتایج مطالعه حاضر نشان داد بین کلسیم، فسفر و آلکالین فسفاتاز سرمی با مواد معدنی استخوان در گروه زنان یائسه فعال رابطه معناداری وجود دارد. تغییرات فسفر پلاسمایی و کلسیم بیشتر به عوامل هورمونی تنظیم‌کننده سطوح کلسیم مربوط است. پاراتورمون در تنظیم سوخت‌وساز استخوانی از عوامل مهم است. ازطرفی، افزایش حضور یون فسفات نیز سبب افزایش مقادیر پاراتورمون می‌شود. حفظ هوستاز یون کلسیم/فسفات غیرآلی از طریق گیرنده مرتبط با پروتئین در کلیه، استخوان و روده، مهم‌ترین عمل فیزیولوژیایی این هورمون است. پاراتورمون ازطریق افزایش بازجذب استخوانی و تحریک بازجذب کلسیم در روده موجب افزایش سطوح کلسیم پلاسما می‌شود. این هورمون بازجذب کلسیم در کلیه را با افزایش تولید ۲۵ هیدروکسی ویتامین D_3 در کلیه افزایش می‌دهد [۳۰]. مطالعات زیادی برای ارزیابی مارکرهای تجزیه استخوان برای پیش‌بینی از دست دادن استخوان و ارزیابی همبستگی نشانگرها با تراکم مواد معدنی استخوان انجام شده است. طاهریان و همکاران در مطالعه‌ای نشان دادند بین ویتامین D و تراکم مواد معدنی استخوان ستون فقرات ارتباط وجود دارد [۳۱]. همسو با مطالعه مذکور در مطالعه‌ای هاشی‌موتو و همکاران با عنوان «آیا استفاده از چسب فسفات مبتنی بر کلسیم با کاهش خطر پوکی استخوان در بیماران همودیالیزی همراه است؟»، بین میزان فسفر و کلسیم سرمی با پوکی استخوان ارتباط معناداری گزارش دادند [۳۲]. همچنین جعفری و همکاران در مطالعه خود ارتباط شاخص توده بدن با سطح کلسیم و فسفات سرم، دیابت و سندرم متابولیک را بررسی کردند و همسو با مطالعه مذکور، بین کلسیم و فسفر سرمی با مواد معدنی استخوان رابطه معناداری گزارش کردند [۳۳]. ناهمسو با مطالعه مذکور، طاریق و همکاران در مطالعه‌ای با عنوان «آلکالین فسفاتاز پیش‌بینی‌کننده تراکم معدنی استخوان در سالمندان» نشان دادند آلکالین فسفاتاز و کلسیم پیش‌بینی‌کننده تراکم معدنی استخوان در سالمندان دارای پوکی استخوان نیست، درحالی‌که آلکالین فسفاتاز و کلسیم سرمی پیش‌بینی‌کننده قوی برای افراد سالم سالمند است [۳۴].

به‌نظر می‌رسد اجرای برنامه‌های ورزشی چه در درمان و چه در پیشگیری تأثیر مثبتی بر تراکم توده استخوانی دارند [۳۵]. فعالیت‌های ورزشی باعث جذب بهتر کلسیم از سیستم گوارشی می‌شود و ازاین‌رو برداشت استخوانی کلسیم را کاهش می‌دهد. از طرفی، حضور مقادیر کافی کلسیم سبب کاهش تولید هورمون پاراتورمون شده و این امر بر تغییرات مثبت توده استخوانی اثرگذار است [۳۲]. به‌طورکلی، فعالیت بدنی طولانی‌مدت و منظم که برای تحریک استخوانی حداقل شدت لازم را دارا باشد، سبب کاهش دفع ادراری و افزایش جذب روده‌ای یون کلسیم می‌شود و به افزایش سطوح کلسیم یونیزه سرم می‌انجامد. همچنین انتقال کلسیم مایع خارج‌سلولی به درون استئویدهای غیرمعدنی با افزایش سطوح آلکالین فسفاتاز، افزایش می‌یابد و سلول‌های استخوانی جدید ساخته می‌شوند [۳۶]. روندانلی در مطالعه مروری خود تأثیر تغذیه و فعالیت بدنی برای جلوگیری از کاهش تراکم مواد معدنی استخوان را بررسی کردند و تأثیر معنادار تغذیه و فعالیت بدنی بر تراکم استخوانی افراد را گزارش دادند [۳۷]. تروی و همکاران در مطالعه خود با عنوان «اثر فعالیت بدنی و ورزش بر سلامت استخوان زنان» گزارش کردند در طول فعالیت بدنی، نیروهایی که ازطریق اسکلت روی استخوان منتقل می‌شوند، سیگنال‌های مکانیکی تولید می‌کنند که توسط استئوسیت‌ها شناسایی می‌شوند. همچنین آبشاری از پاسخ‌های بیوشیمیایی را ایجاد می‌کنند که به افزایش گردش خون استخوان و رسوب

خالص مواد معدنی در استخوان منجر می‌شود [۳۸]. فتحی و همکاران تأثیر ۸ هفته تمرین هوازی را بر غلظت پاراتورمون، استروژن و آلکالین فسفاتاز سرمی زنان چاق مبتلا به یائسگی زودرس را بررسی کردند، نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد تمرینات هوازی موجب افزایش معنادار مقادیر کلسیم، فسفر و پاراتورمون سرمی در زنان یائسه می‌شود [۳۹]. الغدیر و همکاران اثر ۱۲ هفته تمرین هوازی، بر روی ۶۵ نفر (۳۶ نفر مرد و ۲۹ نفر زن) را بررسی کردند و افزایش معناداری در شاخص‌های متابولیکی استخوان از قبیل کلسیم آزاد، آلکالین فسفاتاز و چگالی استخوان در تمام شرکت‌کنندگان مشاهده کردند [۴۰]. با توجه به این موضوع، شاید بتوان گفت یکی از کاربردهای نتایج تحقیق حاضر، استفاده از مقدار این شاخص‌ها در دوران بزرگسالی و سالمندی در پیشگویی میزان تراکم استخوان افراد است.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی با توجه به نتایج تحقیق حاضر و همبستگی بالا بین چند شاخص سرمی با تراکم مواد معدنی استخوان در زنان یائسه فعال، احتمالاً فعال بودن آثار مفیدی را بر متابولیسم استخوانی دارد و سبب وضعیت بهتر تراکم مواد معدنی استخوانی می‌شود. این موضوع شاید بتواند کمک کند تا از این متغیرهای خونی و آنتروپومتریکی در شناسایی افراد در معرض خطر پوکی استخوان در دوران بزرگسالی و سالمندی استفاده کرد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مطالعه در کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علامه طباطبایی با شناسه IR.ATU.REC.1399.038 تأیید شده است.

حامی مالی

این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی از سازمانی‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از بیمارستان آیت‌الله کاشانی برای دسترسی به موضوعات و پشتیبانی داده‌ها و همچنین از شرکت‌کنندگان در این مطالعه تقدیر و تشکر می‌کنند.

References

[1] Terra L, Hooning MJ, Heemskerk-Gerritsen BA, van Beurden M, van Lennep JER, van Doorn HC, et al. Long-term morbidity and health after early menopause due to oophorectomy in women at increased risk of ovarian cancer: Protocol for a nationwide cross-sectional study with prospective follow-up (HARMOny Study). JMIR Res Protoc. 2021; 10(1):e24414. [DOI:10.2196/24414] [PMID] [PMCID]

[2] Wiacek M, Skrzek A, Ignasiak Z, Zubrzycki IZ. The changes of bone mineral density in relation to body mass index and aging among Polish and different ethnic women in the United States: Cross-sectional studies. J Clin Densitom. 2010; 13(3):307-14. [DOI:10.1016/j.jocd.2010.03.002] [PMID]

[3] Coll PP, Phu S, Hajjar SH, Kirk B, Duque G, Taxel P. The prevention of osteoporosis and sarcopenia in older adults. J Am Geriatr Soc. 2021; 69(5):1388-98. [DOI:10.1111/jgs.17043] [PMID]

[4] Zanker J, Duque G. Osteoporosis in older persons: Old and new players. J Am Geriatr Soc. 2019; 67(4):831-40. [DOI:10.1111/jgs.15716] [PMID]

[5] Austermann K, Baecker N, Stehle P, Heer M. Putative effects of nutritive polyphenols on bone metabolism in vivo-evidence from human studies. Nutrients. 2019; 11(4):871. [DOI:10.3390/nu11040871] [PMID] [PMCID]

[6] Stone JA, McCrea JB, Witter R, Zajic S, Stoch SA. Clinical and translational pharmacology of the cathepsin K inhibitor odanacatib studied for osteoporosis. Br J Clin Pharmacol. 2019; 85(6):1072-83. [DOI:10.1111/bcp.13869] [PMID] [PMCID]

[7] Naghibi M. [Response of ostosis metabolic markers to aerobic exercise with blood flow restriction and vitamin D supplement among middle aged females (Persian)]. Res Sport Med Tech. 2019; 17(17):61-72. [DOI:10.29252/jsmt.17.17.61]

[8] Huang L, Lum D, Haiyum M, Fairbairn KA. Vitamin D status of elite athletes in Singapore and its associations with muscle function and bone health. J Sci Sport Exerc. 2021; 3:385-93. [DOI:10.1007/s42978-020-00093-y]

[9] Salamat M, Rostampour N, Shanehsazzadeh S, Tavakoli M, Siavash M, Almasi T. Assessment of bone mineral density with dual energy X-ray absorptiometry in pre-and post-menopausal women. Int J Radiat Res. 2008; 6(2):103-7. [Link]

[10] Sinaki M. Osteoporosis. In: Cifu D X, editor. Braddom's physical medicine and rehabilitation. Amsterdam: Elsevier; 2021. [DOI:10.1016/B978-0-323-62539-5.00034-5]

[11] Mounach A, Rezqi A, Ghozlani I, Achemlal L, Bezza A, El Maghraoui A. Prevalence and risk factors of discordance between left-and right-hip bone mineral density using DXA. ISRN Rheumatol. 2012; 2012:617535. [DOI:10.5402/2012/617535] [PMID] [PMCID]

[12] Al Anouti F, Taha Z, Shamim S, Khalaf K, Al Kaabi L, Alsafar H. An insight into the paradigms of osteoporosis: From genetics to biomechanics. Bone Rep. 2019; 11:100216. [DOI:10.1016/j.bonr.2019.100216] [PMID] [PMCID]

[13] Reid IR. A broader strategy for osteoporosis interventions. Nat Rev Endocrinol. 2020; 16(6):333-9. [DOI:10.1038/s41574-020-0339-7] [PMID]

[14] Hoke M, Omar N, Amburgy J, Self D, Schnell A, Morgan S, et al. Impact of exercise on bone mineral density, fall prevention, and vertebral fragility fractures in postmenopausal osteoporotic women. J Clin Neurosci. 2020; 76:261-3. [DOI:10.1016/j.jocn.2020.04.040] [PMID]

[15] Cherukuri L, Kinninger A, Birudaraju D, Lakshmanan S, Li D, Flores F, et al. Effect of body mass index on bone mineral density is age-specific. Nutr Metab Cardiovasc Dis. 2021; 31(6):1767-73. [DOI:10.1016/j.numecd.2021.02.027] [PMID]

[16] Agarwal S, Alzahrani FA, Ahmed A. Hormone replacement therapy: Would it be possible to replicate a functional ovary? Int J Mol Sci. 2018; 19(10):3160. [DOI:10.3390/ijms19103160] [PMID] [PMCID]

[17] Sapir-Koren R, Livshits G. Postmenopausal osteoporosis in rheumatoid arthritis: The estrogen deficiency-immune mechanisms link. Bone. 2017; 103:102-15. [DOI:10.1016/j.bone.2017.06.020] [PMID]

[18] Pagnotti GM, Styner M, Uzer G, Patel VS, Wright LE, Ness KK, et al. Combating osteoporosis and obesity with exercise: Leveraging cell mechanosensitivity. Nat Rev Endocrinol. 2019; 15(6):339-55. [DOI:10.1038/s41574-019-0170-1] [PMID] [PMCID]

[19] 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. [DOI:10.1155/2018/4840531] [PMID] [PMCID]

[20] 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 Ac. 2020; 17(1):1-53. [DOI:10.1186/s12966-020-01040-4] [PMID] [PMCID]

[21] Cavedon V, Milanese C, Laginestra FG, Giuriato G, Pedrinolla A, Ruzzante F, et al. Bone and skeletal muscle changes in oldest-old women: The role of physical inactivity. Aging Clin Exp Res. 2020; 32(2):207-14. [DOI:10.1007/s40520-019-01352-x] [PMID]

[22] Aboarrage Junior AM, Teixeira CVLS, Dos Santos RN, Machado AF, Evangelista AL, Rica RL, et al. A high-intensity jump-based aquatic exercise program improves bone mineral density and functional fitness in postmenopausal women. Rejuvenation Res. 2018; 21(6):535-40. [DOI:10.1089/rej.2018.2069] [PMID]

[23] Alharbi AS. Diet, physical activity and bone mineral density of post-menopausal Saudi women and development of a culturally acceptable food product [PhD Dissetation]. Stillwater: Oklahoma State University; 2020. [Link]

[24] Sharma H, Kumar A, Sharma B, Purwar N, Mathur S K. Endocrine causes of secondary osteoporosis in adults: Mechanisms and evaluation. Journal Clin Diagn Res. 2021; 15(1):oe01-7. [DOI:10.7860/JCDR/2021/45677.14471]

[25] Ahmadzadeh A, Sabaghian T, Ebrahimi-Rad M, Moslemizadeh M, Emam MM, Rajaei A. Accuracy of a fracture risk assessment tool in Iranian osteopenic and osteoporotic women. Rheumatol Res. 2016; 1(1):17-21. [DOI:10.22631/rr.2016.40677]

[26] Sen EI, Esmaeilzadeh S, Eskiyurt N. Effects of whole-body vibration and high impact exercises on the bone metabolism and functional mobility in postmenopausal women. J Bone Miner Metab. 2020; 38(3):392-404. [DOI:10.1007/s00774-019-01072-2] [PMID]

[27] Armamento-Villareal R, Aguirre L, Waters DL, Napoli N, Qualls C, Villareal DT. Effect of aerobic or resistance exercise, or both, on bone mineral density and bone metabolism in obese older adults while dieting: A randomized controlled trial. J Bone Miner Resh. 2020; 35(3):430-9. [DOI:10.1002/jbmr.3905] [PMID] [PMCID

[28] Kouvelioti R, Kurgan N, Falk B, Ward W, Josse A, Klentrou P. Response of sclerostin and bone turnover markers to high intensity interval exercise in young women: Does impact matter? BioMed Res Int. 2018; 2018:4864952. [DOI:10.1155/2018/4864952] [PMID] [PMCID]

[29] Dolan E, Varley I, Ackerman KE, Pereira RMR, Elliott-Sale KJ, Sale C. The bone metabolic response to exercise and nutrition. Exerc Sport Sci Rev. 2020; 48(2):49-58. [DOI:10.1249/JES.0000000000000215] [PMID]

[30] World Health Organization (WHO). Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis: Report of a WHO study group. Rome: World Health Organization; 1994. [Link]

[31] Tahririan MA, Motififard M, Omidian A, Aghdam HA, Esmaeali A. Relationship between bone mineral density and serum vitamin D with low energy hip and distal radius fractures: A case-control study. Arch Bone Jt Surg. 2017; 5(1):22-7. [DOI:10.22038/ABJS.2016.7936] [PMID] [PMCID]

[32] Hashimoto H, Shikuma S, Mandai S, Adachi S, Uchida S. Calcium-based phosphate binder use is associated with lower risk of osteoporosis in hemodialysis patients. Scientific Rep. 2021; 11(1):1-9. [DOI:10.1038/s41598-021-81287-4] [PMID] [PMCID]

[33] Jafari-Giv Z, Avan A, Hamidi F, Tayefi M, Ghazizadeh H, Ghasemi F, et al. Association of body mass index with serum calcium and phosphate levels. Diabetes Metab Syndr. 2019; 13(2):975-80. [DOI:10.1016/j.dsx.2018.12.017] [PMID]

[34] Tariq S, Tariq S, Lone KP, Khaliq S. Alkaline phosphatase is a predictor of bone mineral density in postmenopausal females. Pak J Med Sci. 2019; 35(3):749-53. [DOI:10.12669/pjms.35.3.188] [PMID] [PMCID]

[35] Mohammad Rahimi GR, Smart NA, Liang MTC, Bijeh N, Albanaqi AA, Fathi M, et al. The impact of different modes of exercise training on bone mineral density in older postmenopausal women: A systematic review and meta-analysis research. Calcif Tissue Int. 2020; 106(6):577-90. [DOI:10.1007/s00223-020-00671-w] [PMID]

[36] McCarthy I. The physiology of bone blood flow: A review. J Bone Joint Surg Am. 2006; 88(Suppl 3):4-9. [DOI:10.2106/JBJS.F.00890] [PMID]

[37] Rondanelli M, Faliva MA, Barrile GC, Cavioni A, Mansueto F, Mazzola G, et al. Nutrition, physical activity, and dietary supplementation to prevent bone mineral density loss: A food pyramid. Nutrients. 2022; 14(1):74. [DOI:10.3390/nu14010074] [PMID] [PMCID]

[38] Troy KL, Mancuso ME, Butler TA, Johnson JE. Exercise early and often: Effects of physical activity and exercise on women's bone health. Int J Environ Res Public Health. 2018; 15(5):878. [DOI:10.3390/ijerph15050878] [PMID] [PMCID]

[39] Fathi M, Attarzadeh Hosseini SR, Hejazi K. [Effect of eight weeks aerobic training on serum parathormone, estrogen and alkaline phosphatase concentration in obese women with premature menopause (Persian)]. Iran J Obstetrics, Gynecology and Infertility. 2017; 20(7):8-17. [DOI:10.22038/IJOGI.2017.9503]

[40] Alghadir AH, Aly FA, Gabr SA. Effect of moderate aerobic training on bone metabolism indices among adult humans. Paki J Med Sci. 2014; 30(4):840-44. [DOI:10.12669/pjms.304.4624] [PMID] [PMCID]

This Page Intentionally Left Blank