

# Postępowanie fizykalne w osteoporozie pomenopauzalnej – przegląd badań

## Physical treatment in postmenopausal osteoporosis – a review of research

© GinPolMedProject 1 (35) 2015

Artykuł poglądowy/Review article

---

MAGDALENA WEBER-RAJEK, KATARZYNA CIECHANOWSKA

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu  
Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy  
Katedra i Zakład Laseroterapii i Fizjoterapii  
Kierownik Katedry: dr hab. Jacek J. Fisz, prof. UMK

---

Adres do korespondencji/Address for correspondence:

Magdalena Weber-Rajek  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu  
Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy  
Katedra i Zakład Laseroterapii i Fizjoterapii  
ul. Marii Skłodowskiej-Curie 9, 85-094 Bydgoszcz  
tel. +48 52 585-34-85, e-mail: kizterfiz@cm.umk.pl

### Statystyka/Statistic

Liczba słów/Word count	1483/1811
Tabele/Tables	0
Ryciny/Figures	0
Piśmiennictwo/References	15

Received: 16.01.2014

Accepted: 10.04.2014

Published: 20.03.2015

### Streszczenie

Osteoporoza jest chorobą ogólnoustrojową charakteryzującą się zmniejszeniem masy kostnej oraz zaburzeniami mikroarchitektury tkanki kostnej. Podstawowym celem postępowania u pacjentów z osteoporozą jest zapobieganie złamaniom, zmniejszenie dolegliwości bólowych oraz utrzymanie sprawności funkcjonalnej. W pracy przedstawiono przegląd badań oceniających skuteczność różnych form postępowania fizykalnego w osteoporozie w oparciu o artykuły zamieszczone w bazie PubMed oraz Medline w latach 2000–2013.

**Słowa kluczowe:** osteoporoza; postępowanie fizykalne

### Summary

Osteoporosis is a systemic disease characterized by low bone mass and microarchitectural deterioration of bone tissue. The primary purpose of the procedure in patients with osteoporosis is to prevent fractures, reduce pain and maintain functional capacity. This article provides an overview of studies evaluating the effectiveness of different forms of physical treatment of osteoporosis based of the articles included in PubMed and Medline in the years 2000-2013.

**Key words:** osteoporosis; physical treatment

## WSTĘP

Raport Światowej Organizacji Zdrowia (WHO – *World Health Organization*) z 2008 roku definiuje osteoporozę, jako chorobę charakteryzującą się niską masą kostną i zwiększonym ryzykiem złamań [1]. Ze względu na przyczynę powstawania osteoporozy rozróżnia się kilka typów choroby. Najczęściej występujące to: osteoporoza pomenopauzalna oraz starcza. Przyczyną osteoporozy pomenopauzalnej jest ustanie endokrynej funkcji jajników. Niedobór estrogenów powoduje nasilenie procesów demineralizacji tkanki kostnej skutkujących osteoporozą. Badania naukowe pokazują, że życiowe ryzyko złamania u kobiety 50. letniej wynosi 49%, a częstość złamania wzrasta z wiekiem w postępie algorytmicznym. Badania przeprowadzone w Polsce dowodzą, że podobnie, jak w innych populacjach, po 50. roku życia złamania osteoporotyczne występują u 30% kobiet [2,3]. Od 1996 roku pod patronatem Międzynarodowej Fundacji Osteoporozy (IOF - *International Osteoporosis Foundation*) obchodzony jest w dniu 20 października Światowy Dzień Osteoporozy. Celem tej ogólnoswiatowej akcji jest popularyzacja wiedzy związanej z profilaktyką i leczeniem osteoporozy. Jedną z metod leczenia tego schorzenia jest terapia fizykalna.

## CEL PRACY

Celem pracy była analiza danych piśmiennictwa dotyczących metod fizykalnych w leczeniu osteoporozy w oparciu o artykuły zamieszczone w bazie PubMed oraz Medline w latach 2000–2013.

## PRZEGLĄD BADAŃ

Przegląd piśmiennictwa dotyczącego metod fizykalnych wykorzystywanych w osteoporozie pokazuje, że w leczeniu tego schorzenia oczekiwane efekty może przynieść umiarkowany wysiłek fizyczny. Według teorii piezoelektrycznej nacisk wywołuje w tkance kostnej powstanie różnicy potencjałów elektrycznych, które działają stymulująco na proces kościotworzenia. Silniejszym stymulatorem osteogenezy jest wysiłek wykonywany w pozycji pionowej niż w poziomej, co tłumaczy dobre efekty terapii wibracyjnej. Cykliczne obciążenie kości stymuluje w nich produkcję DNA, kolagenu i fosfatazy zasadowej. Trening wibracyjny polega na statycznym utrzymaniu danej pozycji wyjściowej lub wykonaniu określonego ćwiczenia angażującego odpowiednie mięśnie na podeście wibracyjnym, którego mechaniczne drgania przekazywane są na ciało ćwiczącego [4].

Pierwsze badania dotyczące wpływu wibracji na proces kościotworzenia przeprowadzono na zwierzętach. Oxlund porównał wpływ różnych częstotliwości wibracji na proces kościotworzenia u zwierząt i dowiódł, że częstotliwość 45 Hz najefektywniej pobudza osteoblasty do podziału i hamuje resorpcję tkanki kostnej (wibracje aplikowano codziennie przez 90 dni po 30 minut) [5]. Wolf w swoich badaniach wykorzy-

## INTRODUCTION

The 2008 World Health Organization Report defines osteoporosis as a disease characterized by low bone mass and increased fracture risk [1]. Due to its causes the osteoporosis can be divided into several disease types. The most common ones are: post-menopause and old age osteoporoses. The cause of the post-menopause osteoporosis is the lack of endocrine function of ovaries. The estrogen deficiency causes the speeding up of bone tissue demineralization, that leads to osteoporosis. Scientific data suggests that the lifetime risk of a bone fracture for a 50-year old woman is 49%, and the frequency of fractures rises in algorithmic progression with the age. Research conducted in Poland proves that, similar to other populations, after 50<sup>th</sup> year of life the osteoporosis fractures happen to 30% of women [2,3]. Starting with 1996 under the auspices of the International Osteoporosis Foundation, a World Osteoporosis Day is held every October, 20<sup>th</sup>. The aim of this worldwide action is to popularize the knowledge connected with prevention and treatment of osteoporosis. One of the methods of treatment of this disease is the physical therapy.

## AIM OF THE WORK

The aim of the work was to analyze the literature data concerning different physical therapy methods for treatment of osteoporosis, based upon articles published in the PubMed and Medline databases in the years 2000–2013.

## RESEARCH REVIEW

The review of literature concerning physical therapy methods used in osteoporosis shows that the desired effects in treatment of this disease may be brought by limited physical effort. According to the piezoelectric theory the pressure causes differences of electric potentials in bone tissue that has a stimulating effect on the bone creation process. A stronger stimulant for the osteogenesis is physical effort in upright, rather than laying position, which explains good effects of vibration therapy. Cyclic pressure placed on the bones stimulates DNA, collagen and alkaline phosphatase production processes within them. The vibration training is the static keeping of a given initial posture or performing a given exercise that will enable respective groups of muscles on a vibrating base, which transfers the vibrations onto the body of the exercising person [4].

First research on the influence of vibrations on the bone creation process were conducted on animals. Oxlund compared the influence of different vibration frequencies on the bone creation process in animals and proved that 45 Hz frequency is the most efficient one for the osteoblast division stimulation and halting of bone tissue resorption (the vibrations were applied for 30 minutes, every day for 90 consecutive days) [5]. In his research Wolf used low frequency vibrations for

stał drgania niskich częstotliwości do stymulowania zrastania się kości u owiec [6]. U 12 owiec utworzono 3 mm pęknięcie w kości kończyny i unieruchamiano za pomocą sztywnej obręczy. Sześć owiec poddano ekspozycji drgań o częstotliwości 20 Hz i amplitudzie 2 mm przez osiem tygodni. Wpływ ekspozycji drgań na zrastanie się kości badano densytometrycznie oraz wykonując badania wytrzymałościowe kości. Między grupą eksponowaną a kontrolną nie stwierdzono znaczących różnic, wykazano jednak, że u 11% grupy poddanej terapii wibroakustycznej zrosty były mocniejsze.

W ostatnim 10. leciu badania nad wpływem terapii wibroakustycznej na proces kościotworzenia pokazały, że terapia ta przynosi także oczekiwane efekty u kobiet z osteoporozą pomenopauzalną. Ruan Xiang-yan oceniali wpływ terapii na platformie wibracyjnej u pacjentek po menopauzie z osteoporozą [7]. Badane kobiety (116) podzielono na dwie grupy. W grupie pierwszej zastosowano terapię na platformie wibracyjnej (częstotliwość wibracji 30 Hz, amplituda 5 mm). Terapia trwała dziesięć minut, pięć razy w tygodniu przez sześć miesięcy. Pacjentki z grupy drugiej stanowiły grupę kontrolną i nie były poddawane żadnej terapii. Przed rozpoczęciem badań i po ich zakończeniu badano gęstość mineralną kości (BMD - *body mineral density*) w obu grupach badawczych. W grupie poddanej terapii wibracyjnej po 3 miesiącach BMD odcinka lędźwiowego wzrosła o 1,3% i 4,3% w szóstym miesiącu. BMD w grupie kontrolnej zmniejszyła się w trzecim miesiącu, ale wyniki te nie były istotne statystycznie. W szóstym miesiącu BMD zmniejszyła się w tej grupie o 1,9%. W grupie badawczej BMD szyjki kości udowej nieznacznie wzrosła po terapii wibracyjnej po 3 miesiącach, ale bez istotności statystycznej. W szóstym miesiącu BMD zwiększyła się o 3,2%. W grupie kontrolnej BMD nie zmniejszyła się istotnie w trzecim miesiącu, ale spadła znacznie w szóstym miesiącu (1,7%) w porównaniu z wynikami wyjściowymi. W grupie poddanej terapii wibracyjnej, zmniejszyły się także przewlekłe bóle pleców oceniane za pomocą skali VAS.

Rubin do zbadania wpływu wibracji na postmenopauzalny ubytek tkanki kostnej wykorzystał drgania o częstotliwości 30 Hz i przyspieszeniu wynoszącym 2 m/s [8]. Każda z 70 badanych kobiet (średnio 3-8 lat po okresie menopauzy) dwukrotnie w ciągu dnia (2x10 minut) przez 12 miesięcy poddawana była wibracjom całego ciała. Stwierdzono zmniejszenie ubytku tkanki kostnej o 1,5% w kręgosłupie oraz o 2,2%, w szyjce kości udowej. Wykazano, że największą korzyść z zastosowania wibracji odniosły kobiety o wadze poniżej 65 kg, które uzyskały wzrost BMD o 3,4%. Verschueren poddał 6 miesięcznemu treningowi wibracyjnemu grupę 21 kobiet będących w okresie postmenopauzalnym (przedział wiekowy grupy: 58-74 lata), które wykonywały 5 różnych ćwiczeń angażujących mięśnie kończyn dolnych [9]. Wraz z upływem czasu wzrasta-

stimulation of bone fracture healing in sheep [6]. 3mm cracks in limb bones were caused in 12 sheep and immobilized with use of rigid ring. Six sheep were subjected to 20Hz frequency and 2mm amplitude vibrations for eight weeks. The influence of exposition to vibrations on the bone healing was tested with densitometry and with stress tests of bones. No significant differences were found between the exposed group and the control group, still it was proven, that 11% of the group subjected to the vibro-acoustic therapy has shown stronger bone bonding.

The research of the influence of the vibration-acoustic therapy on the process of bone creation has proven, in the last decade, that this therapy also shows desired effects in women with post-menopause osteoporosis. Ruan Xiang-yan evaluated the influence of the vibration platform therapy in female post-menopause osteoporosis [7]. The women in test (116 in total) were divided onto two groups. In the first one the therapy with vibration plate was used (vibration frequency: 30Hz, amplitude: 5mm). The therapy lasted ten minutes, five times a week for half a year. The second group patients were the control group and were not subjected to any form of therapy. Prior to the research and after its completion the bone mineral density (BMD) in both groups was measured. In the group exposed to vibration therapy the BMD of the lumbar section rose by 1.3% after three and 4.3% after six months. The BMD of the control group fell down after three months, but without statistical significance. After six months the BMD of this group saw a decrease of 1.9%. The BMD of the neck of femur of the control group rose slightly without statistical significance after three months and after six months the BMD rose by 3.2%. In the control group this BMD saw no statistically significant decreases in first three months and a substantial decrease (1.7% in comparison to the initial values) after six months. The back pain measured with use of the VAS scale also decreased in the group subjected to vibration therapy.

Rubin used vibrations of 30Hz frequency and 2m/s acceleration for research on the post-menopause decrease of bone tissue [8]. Each of the 70 women subject to the research (3 to 8 years after onset of menopause on average) was subjected, twice a day (2x10 minutes) for 12 months, to vibrations of the whole body. The lowering of the decrease of bone tissue mass of 1.5% for the backbone and of 2.2% in case of the neck of the femur were observed. It was also proven that the group that benefited the most from the use of vibrations were women of body mass lower than 65 kilograms, which achieved a BMD increase of 3.4%. Verschueren subjected a group of 21 women in their post-menopause age (aged between 58 and 74) to a 6-month training in form of exercises engaging the muscles of lower limbs [9]. With the time passing the stress of the vibration training was increased, by the increase in vibration frequency (35-40Hz), movement amplitude (1.7-2.5mm), the number of exercises and their repetitions

ło obciążenie treningu wibracyjnego poprzez zwiększenie częstotliwości drgań (35-40 Hz), amplitudy ruchu (1,7-2,5 mm), liczby ćwiczeń i serii oraz wydłużenie czasu ćwiczeń do 30 minut. Badania wykazały przyrost gęstości tkanki kostnej kości biodrowej o 0,9% po 6 miesiącach treningu wibracyjnego.

Lai i wsp. poddali terapii wibroakustycznej grupę 28 kobiet. Wykorzystano wibracje o częstotliwości 30 Hz, trzy razy w tygodniu przez 5 minut. Po 6 miesięcznej terapii w badanej grupie stwierdzono wzrost BMD o 2,03 % ( $p = 0,047$ ), podczas gdy w grupie kontrolnej obniżyła się o 0,046 % ( $p = 0,188$ ) [10].

Gusi i wsp. przeprowadzili badania w grupie 28 kobiet po menopauzie, podzielonych losowo na dwie grupy [11]. W grupie pierwszej przeprowadzono terapię wibracyjną, grupa druga wykonywała spacer. Oba programy eksperymentalne składały się z 3 sesji na tydzień przez 8 miesięcy. Grupa pierwsza poddana została wibracjom o częstotliwości 12,6 Hz. W grupie drugiej wykonywano 55 minut marszu i 5 minut rozciągania. W obu grupach zbadano BMD w okolicy kręgosłupa lędźwiowego i biodra oraz test równowagi. Po 8 miesiącach BMD w szyjce kości udowej, w grupie poddanej terapii wibracyjnej zwiększyło się o 4,3 % ( $p = 0,011$ ) w porównaniu z grupą, która wykonywała spacer. Natomiast wartość BMD w kręgosłupie lędźwiowym pozostał niezmienny w obu grupach. Równowaga uległa poprawie w grupie poddanej terapii wibracyjnej o 29%. W grupie, która wykonywała spacer równowaga nie uległa poprawie.

W badaniach Von Stengel i wsp. [12] 108 kobiet po menopauzie losowo przydzielono do 3 grup. W grupie pierwszej wykonano terapię wibracyjną (12,5 Hz, amplituda 12 mm, trzy sesje w tygodniu przez 15 min.) połączoną z dynamicznymi ćwiczeniami przysiadów. W grupie drugiej wykonano terapię wibracyjną (35 Hz, amplituda 1,7 mm, trzy sesje w tygodniu przez 15 min.). Grupa trzecia wykonywała gimnastykę o niskiej intensywności. We wszystkich grupach na początku badania i po 12 miesiącach po treningu zmierzono BMD w okolicy biodra i kręgosłupa lędźwiowego. Wyniki pokazały przyrost BMD w odcinku lędźwiowym kręgosłupa w grupach poddanych terapii wibracyjnej. W tych grupach, stwierdzono także zwiększoną wytrzymałość nóg.

Oprócz terapii wibroakustycznej w leczeniu osteoporozy korzystne efekty, zaobserwowano także po zastosowaniu innych form aktywności fizycznej. Francis i wsp. [13] przeprowadzili badanie ponad 200 kobiet w okresie pomenopauzalnym, które pokonywały tygodniowo 12 km. U badanych kobiet stwierdzono wyższą średnią gęstość kości w obrębie kręgosłupa i kończyn dolnych w porównaniu do kobiet pokonujących dystans mniejszy niż 1,6 km tygodniowo. Kucukcakir i wsp. oceniali wpływ programu ćwiczeń Pilates na poziom bólu, stan funkcjonalny i jakości życia u kobiet z osteoporozą po menopauzie [14]. Do badań włączono 70 kobiet (45-65 lat) z rozpoznaniem osteoporozy pome-

and the extension of exercise time to 30 minutes. The research has shown the increase in femur density of 0.9% after 6 months of vibration training.

Lai et al. subjected a group of 28 women to the vibration training. Vibrations of 30Hz frequency were used, three times a week for 5 minutes. After 6 months of therapy the researched group has shown BMD increase of 2.03% ( $p=0.047$ ) while the control group has shown a BMD decrease of 0.046% ( $p=0.188$ ) [10].

Gusi et al. investigated a group of 38 women after menopause, randomly divided into two groups [11]. The first group was subjected to the vibration therapy, the other trained walking. Both of the experimental programs consisted of 3 sessions a week for 8 consecutive months. The first group was subjected to 12.6 vibrations. The other group performed 55 minutes of walking and 5 minutes of stretching exercises. In both groups the BMD of the lumbar area of backbone and femur were tested as well as balance. After 8 months the BMD of the neck of femur of the group subjected to vibration therapy increased by 4.3% ( $p=0.011$ ) when compared to the group that walked. And the BMD in the lumbar section of backbone remained unchanged in both of the groups. The sense of balance improved by 29% in the group subjected to vibration therapy. The group that walked saw no improvement of the sense of balance.

Within the research of Von Stengel et al. [12] 108 women after menopause were randomly divided into 3 groups. The first group was subjected to vibration therapy (12.5Hz, 12mm amplitude, three 15 minute sessions a week), connected with dynamic crouching exercises. The second group received vibration therapy (35Hz, 1.7mm amplitude, three 15 minute sessions a week). The third group performed low intensity physical exercises. The BMD of the hip area and the lumbar backbone were measured at the beginning of the research and after 12 months of training. The results have shown the increase of BMD of the lumbar section of backbone in the groups subjected to the vibration therapy. Those groups have also shown increased leg toughness.

Apart from the vibration-acoustic therapy the treatment with other forms of physical activity has also shown beneficial effects in osteoporosis treatment. Francis et al. [13] tested over 200 women after their menopause, who travelled more than 12 kilometers on feet a week. The women tested have shown larger average backbone and lower limbs bones density, compared to the women who travelled less than 1.6km a week on their feet. Kuckir et al. investigated the influence of the Pilates exercise regime on the functioning and quality of life of women with post-menopause osteoporosis [14]. 70 women (aged 45 to 65) diagnosed with post-menopause osteoporosis were included in the research and randomly divided into two groups. The patients of the first group performed Pilates training (twice a week for a year). The patients of the second

nopauzalnej, które przydzielono losowo do dwóch grup. Pacjentki z grupy pierwszej wykonywały program ćwiczeń Pilates (dwa razy w tygodniu przez okres jednego roku). Pacjentki w grupie drugiej wykonywały w domu ćwiczenia rozszerzające klatkę piersiową. Chore oceniano na początku badania i po roku uczestnictwa w programach ćwiczeń. Oceniano: poziom dolegliwości bólowych, sprawność funkcjonalną oraz jakość życia. Wyniki badań wykazały większą poprawę w grupie ćwiczącej Pilates. Autorzy badań rekomendują Pilates jako bezpieczną i skuteczną alternatywę leczenia chorych z osteoporozą. W innych badaniach oceniano wpływ ćwiczeń Tai Chi (TC) i suplementacji Polifenoli Zielonej Herbaty (GTP) u kobiet po menopauzie z osteopenią [15]. U wszystkich pacjentek badano biomarkery obrotu kostnego, metabolizm wapnia i siłę mięśni. 170 kobiet losowo przydzielono do czterech grup: (1) placebo (500 mg skrobi / dzień), (2) GTP (500 mg GTP / dzień), (3) placebo + TC (placebo plus TC - 60 min, trzy razy w tygodniu) i (4) GTP + TC. Pacjentkom pobierano próbki krwi i moczu na początku badania oraz po 1, 2, 6 miesiącu. Siłę mięśni oceniano na początku badania oraz po 3 i 6 miesiącu. Po miesiącu zaobserwowano znaczący wzrost aktywności frakcji kostnej fosfatazy alkalicznej (BAP – *Bone Alkaline Phosphatase*) u kobiet spożywających GTP, natomiast u kobiet ćwiczących TC, BAB wzrosło po 3 miesiącach. Po 6 miesiącach, zaobserwowano znaczący wzrost siły mięśni po terapii GTP, TC i GTP + TC.

## PODSUMOWANIE

Osteoporoza jest poważnym problemem medycznym i społecznym. Oprócz ubytku tkanki kostnej, problemem pacjentów z osteoporozą jest także ból, zwiększone napięcie mięśniowe, zaniki mięśni będące skutkiem zmniejszonej aktywności fizycznej oraz złamania osteoporotyczne. Te objawy można leczyć za pomocą szerokiego spektrum działania bodźców fizykalnych - począwszy od działania przeciwbólowego, a także przeciwwzapalnego, przeciwobrzękowego oraz stymulującego procesy naprawcze w przypadku uszkodzenia tkanek, dlatego też fizjoterapia powinna być integralną częścią postępowania terapeutycznego w osteoporozie.

Wśród metod fizykalnych stosowanych w osteoporozie największą uwagę poświęca się terapii wibracyjnej i umiarkowanej aktywności fizycznej. Wyniki wielu badań pokazują, że różne formy aktywności fizycznej o umiarkowanym nasileniu wpływają pozytywnie na gęstość mineralną kości, redukują dolegliwości bólowe związane z osteoporozą oraz poprawiają jakość życia pacjentów.

group performed chest expanding exercises at home. The patients were evaluated at the beginning of the test and after a year of exercises. Tested were: the level of pain, the functioning and the quality of life. The results of the research has shown better improvement in the group training Pilates. The authors thus recommend Pilates as a safe and effective alternative treatment for patients with osteoporosis. Other research evaluated the influence of Tai Chi (TC) training and green tea polyphenols (GTP) supplementation in case of women with post-menopause osteoporosis [15]. In all 170 patients tests of biomarkers of bone turnover, calcium metabolism and muscle strength were performed and then they were randomly assigned to one of the four groups: (1) placebo (500mg of starch a day), (2) GTP (500mg of GTP/day), (3) placebo + TC (placebo plus 60 minutes of TC three times a week) and (4) GTP + TC. Blood and urine samples were collected at the beginning of tests and after 1,2 and 6 months. The muscle strength was evaluated at the beginning of research and after the 3<sup>rd</sup> and 6<sup>th</sup> months. After a month a large increase in activity of bone alkaline phosphatase (BAP) was observed in case of women treated with GTP, and in case of those training the TC the BAP rose after 3 months. After 6 months a substantial increase of muscle strength was observed in case of GTP, TC and GTP+TC groups.

## SUMMARY

Osteoporosis is a major medical and social issue. Apart from the decrease in bone tissue pain is also a major problem of the osteoporosis patient, as well as increased muscle stress, muscle dystrophy as a result of lower physical activity and the osteoporosis fractures. These symptoms may be treated with a wide spectrum of physical stimulants – starting with pain, inflammation, swelling relief and stimulation of repair processes in case of tissue damage and that is why physical therapy should constitute integral part of therapeutic procedure in osteoporosis.

Among the physical therapy methods used in osteoporosis the vibration therapy awakens the most interest, as well as limited extent of physical activity. Results of large number of researches show that different forms of physical activity of limited intensity positively affect the bone mineral density, reduce pain connected with osteoporosis and improve the patient's quality of life.

## Piśmiennictwo / References:

1. **Kanis JA, on behalf of the World Health Organization Scientific Group.** Assessment of osteoporosis at the primary health-care level. Technical Report. WHO Collaborating Centre, University of Sheffield, UK. 2008.
2. **Badurski JE, Dobreńko A, Nowak N i wsp.** Epidemiologia złamań osteoporotycznych i ocena 10. letniego ryzyka złamania w populacji kobiet regionu Białystok (BOS-2) algorytmem FRAX™ – WHO. *Reumatologia* 2008;46(2): 72–79.
3. **Czerwiński E, Osieleniec J, Kumorek A i wsp.** Ocena skuteczności identyfikacji ryzyka złamania metodą FRAX® w 10. letniej obserwacji. *Ort Traum Reh* 2009; 11(2):72-74.
4. **Verschuere S et al.** Effect of 6 – Month Whole Body Vibration Training on Hip Density, Muscle Strength and Postural Control. *J Bone Miner Res* 2004.
5. **Oxlund BS, Ortoft G, Andreassen TT.** Low-intensity, high-frequency vibration appears to prevent the decrease in strength of the femur and tibia associated with ovariectomy of adult rats. *Bone* 2003;32(1):69-77.
6. **Wolf S, Augat P, Eckert-Hübner K et al.** Effects of high-frequency, low-magnitude mechanical stimulus on bone healing. *Clin Orthop Relat Res* 2001;(385):192-8.
7. **Ruan Xiang-yan, Jin Feng-yu, Liu Yu-lan i wsp.** Effects of vibration therapy on bone mineral density in postmenopausal women with osteoporosis. *Chinese Medical Journal* 2008, 121(13): 1155-1158.
8. **Rubin C, Recker R, Cullen D.** Prevention of postmenopausal bone loss by a low – magnitude, high –frequency mechanical stymuli: a clinical trail assessing compliance, efficacy and safety *J Bone Miner Res* 2004; 19(3):343-351.
9. **Verschuere S, Roelants M, Delecluse C et al.** Effect of 6-Month Whole Body Vibration Training on Hip Density, Muscle Strength, and Postural Control in Postmenopausal Women: A Randomized pilot Study. *J Bone Miner Res* 2004;3(19):352-359.
10. **Lai CL, Tseng SY, Chen CN et al.** Effect of 6 months of whole body vibration on lumbar spine bone density in postmenopausal women: a randomized controlled trial. *Clin Interv Aging* 2013;8:1603-9.
11. **Gusi N, Raimundo A, Leal A.** Low-frequency vibratory exercise reduces the risk of bone fracture more than walking: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord* 2006;30,7:92.
12. **Von Stengel S, Kemmler W, Bebenek M et al.** Effects of whole-body vibration training on different devices on bone mineral density. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43(6):1071-9.
13. **Francis RM, Aspray TJ, Hide G et al.** Back pain in osteoporotic vertebral fractures. *Osteoporos Int* 2008; 19:895–903.
14. **Kucukcakir N, Altan L, Korkmaz N.** Effects of Pilates exercises on pain, functional status and quality of life in women with postmenopausal osteoporosis. *J Bodyw Mov Ther* 2012;17(2):204-211.
15. **Shen CL, Chyu MC, Yeh JK et al.** Effect of green tea and Tai Chi on bone health in postmenopausal osteopenic women: a 6-month randomized placebo-controlled trial. *Osteoporos Int* 2012;23(5):1541-1552.