



## PRACA ORYGINALNA / ORIGINAL PAPER

Agnieszka Ćwirlej-Sozańska

### Ocena wpływu systematycznej aktywności fizycznej na sprawność fizyczną oraz gęstość kości u kobiet w wieku 50–60 lat

### Assessment of influence of a regular physical activity on physical condition and bone density in women aged 50–60

Instytut Fizjoterapii Wydział Medyczny Uniwersytet Rzeszowski

#### STRESZCZENIE

**Cel:** Celem pracy była ocena wpływu systematycznej aktywności fizycznej na sprawność fizyczną oraz gęstość kości u kobiet w wieku 50–60 lat.

**Materiał i metoda:** Do badania użyto standaryzowaną ankietę własnego autorstwa zawierającą metryczkę i pytania dotyczące stylu życia badanych oraz standaryzowany kwestionariusz oceniający całkowitą aktywność fizyczną – Seven-Day Physical Activity Recall, jak również aparaturę badawczą do pomiaru gęstości mineralnej kości kręgosłupa lędźwiowego i szyjki kości udowej techniką dwuwiązkowej absorpcjometrii rentgenowskiej (DEXA). Dodatkowo przeprowadzono test sprawności fizycznej Eurofit dla dorosłych.

Ocenie poddano łącznie 117 kobiet w wieku 50–60 lat będących w okresie postmenopauzalnym. Zgodnie z założeniami pracy do grupy badanej zakwalifikowano kobiety, które wykazywały systematyczną aktywność ruchową w postaci ogólnorozwojowych ćwiczeń fizycznych minimum 2–3 razy w tygodniu, przynajmniej od 5 lat. Grupę badaną stanowiło 60 kobiet. Grupa kontrolna złożona była z 57 kobiet, które prowadziły mało aktywny tryb życia i nie uprawiały żadnej formy rekreacyjnej aktywności ruchowej. Wszystkie kobiety biorące udział w badaniu były mieszkankami Rzeszowa.

**Wyniki:** Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono istotnie wyższe wartości gęstości kości u kobiet z grupy badanej w porównaniu do kobiet z grupy kontrolnej. Ustalono słabą zależność pomiędzy gęstością kości a czasem przeznaczanym na aktywność fizyczną w tygodniu oraz brak zależności pomiędzy

#### ABSTRACT

**Objectives:** The aim of the study was to assess the influence of regular physical activity on bone density in women aged 50–60.

**Material and methods:** As research tools, a standardized questionnaire designed by the authors with particulars and data concerning participants' lifestyle as well as Seven-Day Physical Activity Recall were applied. Research equipment was used to measure mineral density of bones - densitometry of the lumbar spine and femoral neck by means of dual energy X-ray absorptiometry (DEXA). Additionally, Eurofit for Adults, a physical fitness test was conducted.

**Participants:** The study included 117 postmenopausal women aged 50–60. Inclusion criteria were female gender, systematic physical activity in form of general fitness activities 2–3 times a week for at least 5 years. The test group consisted of 60 women. The control group included 57 women living sedentary lifestyle. All subjects were the residents of Rzeszów.

**Results:** On the basis of the tests conducted it was found that bone density in the active women (the test group) was higher in comparison with the inactive women (the control group). There was low correlation between bone density and the amount of time dedicated to physical activity per week. There was no correlation between bone density and the duration of exercise (in years). Moreover, substantially higher level of physical capacity was found in the test group than in the control group.

**Adres do korespondencji / Mailing address:** Agnieszka Ćwirlej-Sozańska, ul. Staszica 3/5, 35-051 Rzeszów, e-mail: sozanska@ur.edu.pl

Artykuł otrzymano / recived: 5.11.2014 | Zaakceptowano do publikacji / accepted: 23.02.2015

gęstością kości a długością uprawiania sportu rekreacyjnego (w latach). W grupie badanej stwierdzono również istotnie wyższy poziom sprawności fizycznej w porównaniu do grupy kontrolnej.

**Wnioski:** Z przeprowadzonych badań wynika, iż systematyczna, umiarkowana aktywność fizyczna wpływa korzystnie na zachowanie wyższego poziomu sprawności fizycznej oraz wyższych wartości gęstości mineralnej kości u kobiet po 50 roku życia.

**Słowa kluczowe:** kobiety, osteoporoza, DEXA, aktywność ruchowa

## Wstęp

W ostatnich latach obserwuje się znaczny wzrost populacji ludzi starszych. Sytuacja ta wywołana jest zarówno spadkiem liczby urodzeń, jak i wzrostem średniej długości życia. Procesowi starzenia się społeczeństw towarzyszy wzrost zachorowalności na choroby cywilizacyjne. Jedną z takich chorób jest osteoporoza [1-3].

Na skutek fizjologicznego procesu starzenia następuje stopniowe zmniejszanie sprawności i wydolności fizycznej organizmu. Proces ten jest związany m.in. z postępowaniem zmian inwolucyjnych w ośrodkowym układzie nerwowym, zaburzeniami w przekazaniu bodźców na poziomie struktur nerwowo-mięśniowych (powodujących zaburzenia równowagi i koordynacji ruchowej), zmniejszeniem siły i elastyczności tkanki mięśniowej, pojawianiem się zmian zwyrodnieniowych w obrębie układu stawowego oraz obniżaniem gęstości masy kostnej [4-8]. Konsekwencją tych zmian jest zwiększone ryzyko upadków i złamań z nimi związanych, a w następstwie pogorszenie jakości życia, uzależnienie od otoczenia, a nawet śmierć. W tej sytuacji coraz większego znaczenia nabierają działania prewencyjne, mające na celu zmniejszenie zachorowalności i wydłużenie w czasie sprawności fizycznej osób starszych oraz poprawę jakości ich życia [9-12].

## Cel

Celem pracy była ocena wpływu systematycznej aktywności fizycznej na sprawność fizyczną oraz gęstość kości u kobiet w wieku 50-60 lat.

## Materiał

W badaniu wzięło udział 117 kobiet w wieku 50-60 lat, z których 60 (51.0%) zaklasyfikowanych zostało do grupy badanej – kobiety uprawiające sport rekreacyjny, a 57 (49.0%) do grupy kontrolnej – kobiety prowadzące mało aktywny fizycznie tryb życia. Do grupy badanej zaklasyfikowano kobiety uczestniczące w zorganizowanych formach ogólnokondycyjnych ćwiczeń gimnastycznych minimum 2-3 razy w tygodniu (minimum 90 min/tydz.). Minimalny czas uczestnictwa w regularnej aktywności fizycznej wynosił 5 lat. Do grupy kontrolnej włączono kobiety prowadzące tzw. „siedzący tryb życia”, charakteryzujący się niskim poziomem aktywności fizycznej, w tym brakiem systematycznej, rekreacyjnej aktywności fizycznej. Wszystkie badane kobiety były w okresie pome-

**Conclusions:** Conducted research proved that systematic moderate physical activity affects favourably higher level of physical capacity and higher level of mineral bone density in women after 50 years of age.

**Key words:** osteoporosis, women, DEXA, physical activity

## Introduction

A significant increase in population of the elderly has been observed in recent years. The situation is caused by both lower birth rate and higher life expectancy. These processes are accompanied by the increase in the incidence of the diseases of affluence. Osteoporosis appears to be one of them [1-3].

The physiological process of ageing results in a gradual decrease in fitness and physical efficiency of an organism. The process is connected, e.g. with the progression of involuntional changes in the central nervous system, disturbances in impulse transmission at the level of neuromuscular structures (causing disequilibrium and impaired coordination of movements), decrease in strength and elasticity of muscular tissue, the presence of retrogressive changes within the articular system and decrease in bone density [4-8]. As a consequence of such changes there is a growing risk of both falling and related fractures, subsequent deterioration of the quality of life, environmental dependency or even death. Therefore, more and more important are preventive measures aimed at reducing disease incidence and at prolonging physical efficiency in the elderly, as well as improving their quality of life [9-12].

## Aim of study

The study focused on assessing the influence of regular exercise on bone density in women aged 50-60.

## Material

The study included 117 women aged 50-60. The test group consisted of 60 subjects (51.0%), i.e. women practising recreational sport. The remaining 57 subjects (49.0%), i.e. women living sedentary lifestyle, were classified as the control group. The women qualified to the test group had been taking part in organized forms of exercise improving general physical condition 2-3 times per week (at least 90 min/week), for the minimum of 5 years. The control group included the women living sedentary lifestyle characterized by lack of regular physical activity and active forms of leisure. All subjects were in postmenopausal period (with no menorrhoea for at least one year) and did not use a hormone replacement therapy. The inclusion for the test and control groups was based Random Route Method.

nopauzalnym (tzn. nie występowały u nich krwawienia miesięczne od minimum 1 roku) i nie stosowały hormonalnej terapii zastępczej (HTZ). Dobór do grup badanej i kontrolnej odbywał się za zasadach doboru celowego z wykorzystaniem metody randomroute.

## Metoda

W grupach badanej oraz kontrolnej przeprowadzone zostały badania z użyciem następujących narzędzi:

1. Standaryzowany kwestionariusz ankiety własnego autorstwa zawierający metryczkę oraz pytania dotyczące stylu życia badanych.
2. Standaryzowany kwestionariusz ankiety oceniający całkowitą aktywność fizyczną – Seven-Day Physical Activity Recall (SDPAR).
3. Test sprawności fizycznej Eurofit dla dorosłych – próby oceniające następujące cechy motoryczne: siła, równowaga, koordynacja i gibkość.
4. Aparatura badawcza do pomiaru gęstości mineralnej kości – badanie densytometryczne kręgosłupa lędźwiowego i szyjki kości udowej techniką dwuwiązkowej absorpcjometrii rentgenowskiej (DEXA).

W celu oceny danych, dotyczących badanej zbiorowości kobiet, wykorzystano metody statystyki opisowej. Dla zmiennych mających charakter ilościowy obliczono podstawowe parametry ich rozkładu: średnią arytmetyczną ( $\bar{x}$ ), odchylenie standardowe ( $s$ ), współczynnik zmienności ( $Vx$ ), medianę ( $Me$ ), wartość największą ( $Max$ ) i najmniejszą ( $Min$ ), kwartył dolny i górny ( $Q1$  i  $Q3$ ), współczynnik asymetrii ( $As$ ).

Warianty zmiennych jakościowych grupowano, prezentując liczbowy i procentowy udział poszczególnych kategorii. Analiza wyników badań własnych została zilustrowana graficznie, przy czym wykorzystano galerię wykresów. Za istotne statystycznie uznano wartości statystyk, dla których  $p < 0,05$ . W celu porównania obu rozważanych w pracy populacji (kobiet ćwiczących i nie-ćwiczących) zastosowano testy analizy wariancji (w przypadku, gdy rozkład zmiennej ilościowej był symetryczny) lub nieparametryczny test Manna-Whitneya (gdy rozkład zmiennej ilościowej był skrajnie asymetryczny), analizę korelacji oraz test niezależności chi-kwadrat. Do analizy zależności pomiędzy zmiennymi mierzalnymi (np.: BMI i BMD) wykorzystano współczynnik korelacji liniowej, a także współczynnik korelacji rang. Analizy statystyczne przeprowadzono przy użyciu pakietu statystycznego Statistica 7.1 PL oraz arkusza kalkulacyjnego Excel.

## Wyniki

W tabeli 1 przedstawiono miary opisowe całkowitego dziennego wydatku energetycznego w obu badanych grupach, obliczonego za pomocą kwestionariusza Seven-Day Physical Activity Recall.

Średni wydatek energetyczny był wyższy, przeciętnie o 500 kcal, w grupie kobiet, które uprawiały sport rekreacyj-

## Methods

The test group and the controls were examined by means of the following instruments:

1. A questionnaire designed by the authors with particulars and data concerning the participants' lifestyle.
2. Seven-Day Physical Activity Recall (SDPAR) – standardized questionnaire assessing total physical activity.
3. Eurofit for Adults, a physical fitness tests assessing the following features: strength, balance, coordination and flexibility.
4. Research equipment designed for measuring mineral density of bones - densitometry of the lumbar spine and femoral neck by means of dual energy X-ray absorptiometry (DEXA).

In order to evaluate data on the population of surveyed women descriptive statistics was used. The basic parameters of the distribution of quantitative variables were calculated: the arithmetic mean ( $\bar{x}$ ), standard deviation ( $s$ ), the coefficient of variation ( $Vx$ ), median ( $Me$ ), the greatest value ( $Max$ ) and minimum ( $Min$ ), the upper and lower quartile ( $Q1$  and  $Q3$ ), the coefficient of asymmetry ( $As$ ).

Variants of qualitative variables were grouped by presenting number and percentage of each category. Analysis of the test results was illustrated by means of graphs. Statistically significant values were assumed at  $p < 0.05$ .

In order to compare both considered groups (physically active and inactive women), analysis of variance (where the distribution of quantitative variable was symmetrical), the non-parametric Mann-Whitney test (when a quantitative variable distribution was extremely asymmetric), correlation analysis and test of independence chi-square were used. To analyse the relationship between measurable variables (e.g.: BMI and BMD, linear correlation coefficient) and rank correlation coefficient were used. Statistical analyses were performed using Statistica 7.1 PL software and Excel spreadsheet.

## Results

Table 1 presents descriptive measures of total daily energy expenditures in both researched groups calculated by means of Seven-Day Physical Activity Recall.

The average energy expenditure was higher, on average by 500 calories, in the group of women who practiced recreational sport compared with women who did not practice any sport. These differences proved to be statistically significant ( $p < 0.001$ ). The test and control groups were similar in terms of such parameters as age, BMI, number of pregnancies and character of work, which made it possible to perform reliable comparative analyzes on the impact of physical activity on bone mineral density and physical fitness.

Tab. 1. Dzienny wydatek energetyczny kobiet w grupach badanej i kontrolnej (w kcal)

Tab. 1. Total daily energy expenditures in the test and control group (in kcal)

Grupa: Group:	Parametr: Parameter:	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	$V_x$	<i>Min</i>	$Q_1$	<i>Me</i>	$Q_3$	<i>Max</i>	$A_s$
badana / study		60	2808,80	441,29	15,71%	1868	2520	2798	2991,50	3891	0,43
kontrolna / control		57	2309,33	325,34	14,09%	1579	2125	2238	2496	3466	0,89

Tab. 2. Rozkład BMD w grupach badanej i kontrolnej

Tab. 2. BMD distribution in the test and control groups

Grupa: Group:	Parametr: Parameter:	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>Min</i>	$Q_1$	<i>Me</i>	$Q_3$	<i>Max</i>	$A_s$
badana / test		60	-1,52	0,55	-2,81	-2,07	-1,40	-1,15	-0,50	-0,37
kontrolna / control		57	-2,12	0,65	-3,33	-2,59	-2,12	-1,54	-0,92	-0,09

Tab. 3. Wyniki badania densytometrycznego

Tab. 3. Findings of densitometric examination

Rozpoznanie w badaniu densytometrycznym: Diagnosis in densitometric examination:	Grupa: Group:	badana / study		kontrolna / control	
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
norma / normal range		13	21,67	2	3,51
osteopenia / osteopenia		44	73,33	33	57,89
osteoporoza / osteoporosis		3	5,00	22	38,60
Razem: / Total		60	100	57	100

ny, w porównaniu z grupą kobiet, które nie uprawiały sportu. Różnice te okazały się statystycznie istotne ( $p < 0,001$ ).

Grupy badana i kontrolna posiadały zbliżone parametry charakteryzujące wiek, współczynnik BMI, liczbę przebytych ciężarów oraz charakter pracy zawodowej, co pozwoliło na przeprowadzenie wiarygodnych analiz porównawczych, dotyczących wpływu aktywności fizycznej na gęstość tkanki kostnej oraz sprawność fizyczną.

Biorąc pod uwagę najniższy uzyskany wynik z wszystkich pomiarów kręgosłupa lędźwiowego i odcinka bliższego kości udowej, dokonano klasyfikacji badanych osób ze względu na stopień zaawansowania zmian osteoporotycznych. Otrzymano następujące, wyniki: 15 (12,82%) osób w normie, 77 (65,81%) osób z osteopenią, 25 (21,37%) z osteoporozą. Klasyfikacja ta została wykorzystana do późniejszych analiz.

W tabeli 2 przedstawiono wyniki pomiaru gęstości kości (BMD) w grupach badanej i kontrolnej.

Średnie wartości dla najniższych wyników badania T-score wykazały istotne zróżnicowanie między grupami badaną i kontrolną. Wynik testu analizy wariancji wyniósł  $p < 0,00001$ . W grupie kobiet aktywnych fizycznie średnia wartość T-score wynosiła -1,52 odchylenia standardowego, zaś w grupie kontrolnej -2,12. Obie wartości znajdują się w granicach osteopenii (od -1,5 do -2,5 SD).

Considering the lowest result obtained from all measurements of the lumbar spine and proximal femur, the subjects were classified with the respect of the severity of osteoporotic changes.

The following results were obtained: 15 (12.82%) patients had normal results, 77 (65.81%) had osteopenia, 25 (21.37%) had osteoporosis. This classification was used for subsequent analysis.

Table 2 presents BMD findings in the test and control group (Tab. 2).

Average values for the lowest T-scores presented a significant differentiation between the test group and the control group. The result in the analysis of variance was  $p < 0.00001$  (\*\*\*). In the group of active women an average T-score was -1.52 of standard deviation, while in the group of physically passive women it was -2.12. Both values are located within the limits of osteopenia (from -1.5 to -2.5 SD).

Table 3 presents the structure of diagnoses in both groups taking into account the lowest T-score obtained in examinations of the proximal segment of the femur and lumbar spine.

In women who are physically active osteoporosis was found less frequently as compared to the control group. Osteopenia and normal results were more common in the test group. The observed difference was highly significant



Tab. 4. Wartości średnich i odchyłeń standardowych dla poszczególnych wskaźników densytometrycznych  
 Tab. 4. The mean values and standard deviations of densitometric indicators

Wskaźniki densytometryczne: Densitometric indicators	Grupa badana Study group		Grupa kontrolna Control group		Prawdopodobieństwo testowe p p-value
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
Z-score bliższego odcinka kości udowej Z-score for proximal segment of femur	-1,03	0,44	-1,46	0,49	<0,00001
% Z-score bliższego odcinka kości udowej % Z-score for proximal segment of femur	79,80	8,66	70,98	9,53	<0,00001
Z-score szyjki głowy kości udowej Z-score for femoral neck	-1,05	0,44	-1,47	0,48	<0,00001
Z-score trójkąta Warda kości udowej Z- score for femoral neck, Ward triangle	0,20	0,72	-0,11	0,85	0,0341
Z-score krętarza większego kości udowej Z-score for femoral neck, greater trochanter	1,23	1,10	0,67	1,12	0,0074
T-score bliższego odcinka kości udowej T-score for proximal segment of femur	-1,36	0,47	-1,83	0,50	<0,00001
% T-score bliższego odcinka kości udowej % T-score for proximal segment of femur	74,85	8,65	66,19	9,00	<0,00001
T-score szyjki głowy kości udowej T-score for femoral neck	-1,38	0,47	-1,83	0,49	<0,00001
T-score trójkąta Warda kości udowej T- score for femoral neck, Ward triangle	-0,63	0,77	-0,98	0,86	0,0207
T-score krętarza większego kości udowej T-score for femoral neck, greater trochanter	0,26	1,10	-0,34	1,15	0,0045
Z-score kręgosłupa (L2,L3,L4) Z- score for vertebral column (L2. L3. L4)	-0,09	0,83	-0,78	1,01	0,0001
% Z-score kręgosłupa (L2,L3,L4) % Z- score for vertebral column (L2. L3. L4)	98,57	11,98	89,11	14,25	0,0002
Z-score najbardziej odwapnionego kręgu Z- score for the most decalcified vertebra	-0,49	0,82	-1,15	0,96	0,0001
T-score kręgosłupa (L2,L3,L4) T- score for vertebral column (L2. L3. L4)	-0,69	0,86	-1,39	1,03	0,0001
% T-score kręgosłupa (L2,L3,L4) % T- score for vertebral column (L2. L3. L4)	90,80	11,27	81,82	13,32	0,0001
T-score najbardziej odwapnionego kręgu T- score for the most decalcified vertebra	-1,01	0,83	-1,79	0,98	<0,00001

W tabeli 3 przedstawiono strukturę rozpoznań w obydwu porównywanych grupach na podstawie najniższej wartości T-score otrzymanej w badaniach odcinka bliższego kości udowej i kręgosłupa lędźwiowego.

U kobiet aktywnych fizycznie zdecydowanie rzadziej stwierdzono występowanie osteoporozy w porównaniu do grupy kontrolnej. W grupie badanej częściej występowała osteopenia oraz wyniki w normie. Zaobserwowana różnica jest wysoce istotna statystycznie, o czym świadczy wartość prawdopodobieństwa testowego uzyskana w teście niezależności chi-kwadrat  $p < 0,00001$ .

W tabeli 4 zestawiono wartości średnie i odchylenia standardowe dla wszystkich rozważanych wskaźników densytometrycznych, w grupach badanej i kontrolnej.

Jak widać z danych liczbowych przedstawionych w tabeli 4 wszystkie badane parametry densytometryczne

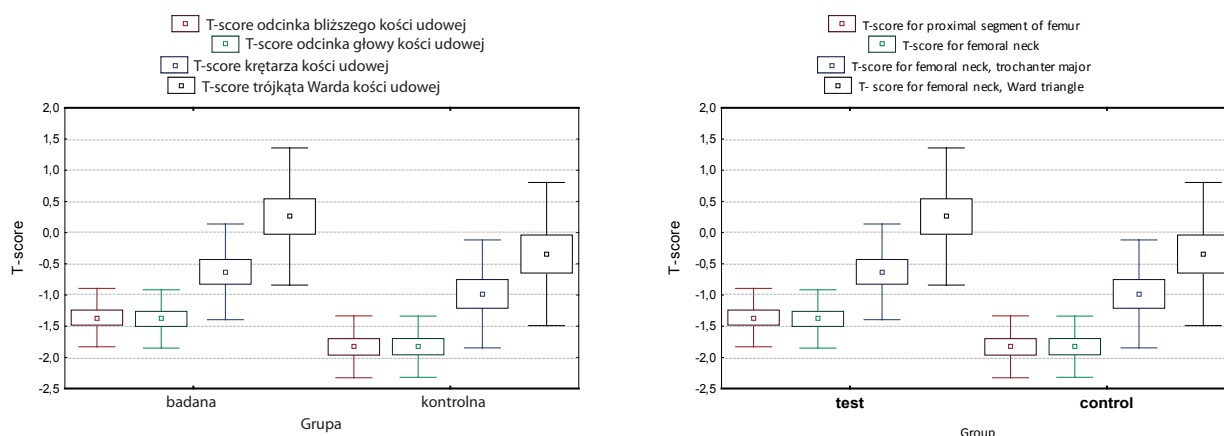
statystycznie, które zostało potwierdzone przez wartość testu prawdopodobieństwa otrzymaną w teście chi-kwadrat dla niezależności  $p < 0,00001$ .

Tabela 4 porównuje wartości średnie i odchylenia standardowe dla wszystkich wskaźników densytometrycznych rozważanych w teście i grupie kontrolnej.

Wyniki w tabeli 4 pokazały, że wszystkie parametry densytometryczne były znacznie wyższe w grupie badanej w porównaniu z grupą kontrolną. Wszystkie różnice były statystycznie istotne.

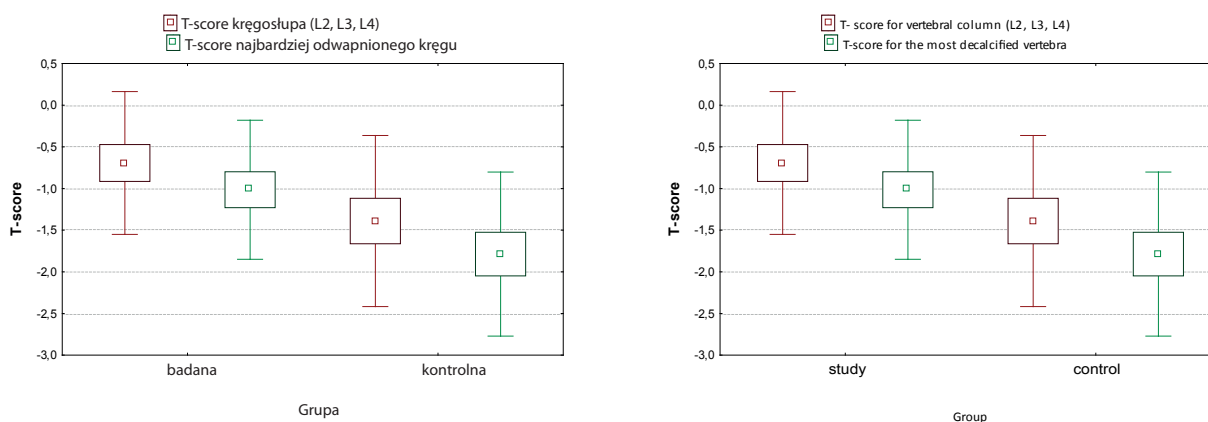
Wykres 1 przedstawia wartości średnie wraz z 95% przedziałami ufności, które pokazują różnice w gęstości kości między grupą badaną a grupą kontrolną na podstawie T-score'ów odcinka bliższego kości udowej.

Wykres 2 przedstawia wartości średnie z 95% przedziałami ufności, które odzwierciedlają różnice w gęstości kości między



Ryc. 1. Wartości średnich. Przedziały ufności i typowy przedział zmienności dla wskaźników T-score odcinka bliższego kości udowej

Fig. 1. Mean values. Confidence intervals and typical dispersion range for T-score of proximal segment of femur



Ryc. 2. Wartości średnich. Przedziały ufności i typowy przedział zmienności dla wskaźników T-score kręgosłupa lędźwiowego

Fig. 2. Mean values. Confidence intervals and typical range of variability for T-score indicators of lumbar spine

były zdecydowanie wyższe w grupie badanej w porównaniu do grupy kontrolnej. Wszystkie różnice są istotne statystycznie.

Na rycinie 1 przedstawiono wartości średnie wraz z 95% przedziałami ufności, obrazujące różnice w gęstości kości między grupami badaną i kontrolną według pomiarów T-score odcinka bliższego kości udowej.

Na rycinie 2 zilustrowano wartości średnie wraz z 95% przedziałami ufności obrazujące różnice w gęstości kości między grupami według pomiarów T-score kręgosłupa lędźwiowego.

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano występowanie zasadniczych różnic między wynikami uzyskanymi w grupie kobiet uprawiających sport rekreacyjny oraz w grupie kobiet, które nie uprawiały sportu, przy czym pierwszą z tych grup charakteryzowały wyższe wartości średnie. Test *t*-Studenta dla prób niezależnych wykazał występowanie wysoce istotnych statystycznie różnic między poszczególnymi wskaźnikami ( $p = 0,0001$ ).

Wynik analizy zależności między łącznym czasem rekreacji ruchowej w tygodniu a wartością T-score, dla

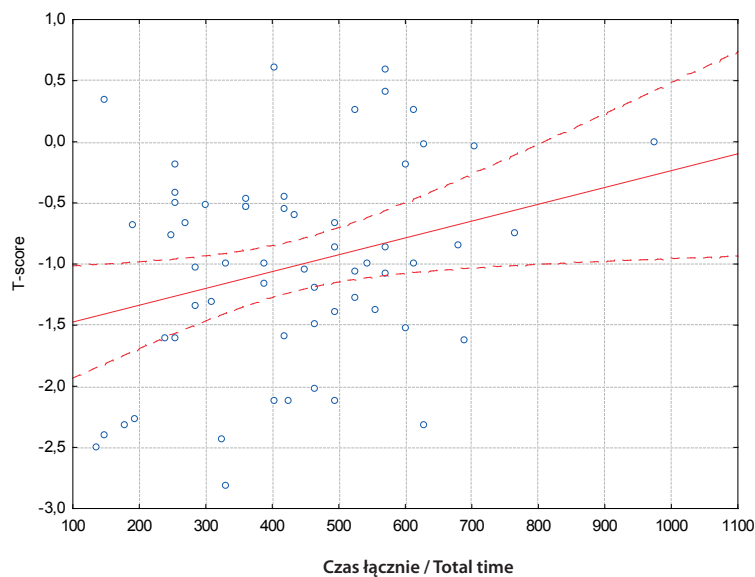
the test and control groups based on T-scores of the lumbar spine.

The findings indicate the presence of significant differences between the results obtained in the group of physically active women and in the group of women who did not practise any sports, where the former group was characterized by higher mean values. Student's *t*-test for independent samples proved the existence of very important statistical differences between particular indicators ( $p = 0.0001$ ).

Figure 3 presents the correlation between total exercise time per week and T-scores for every woman in the test group.

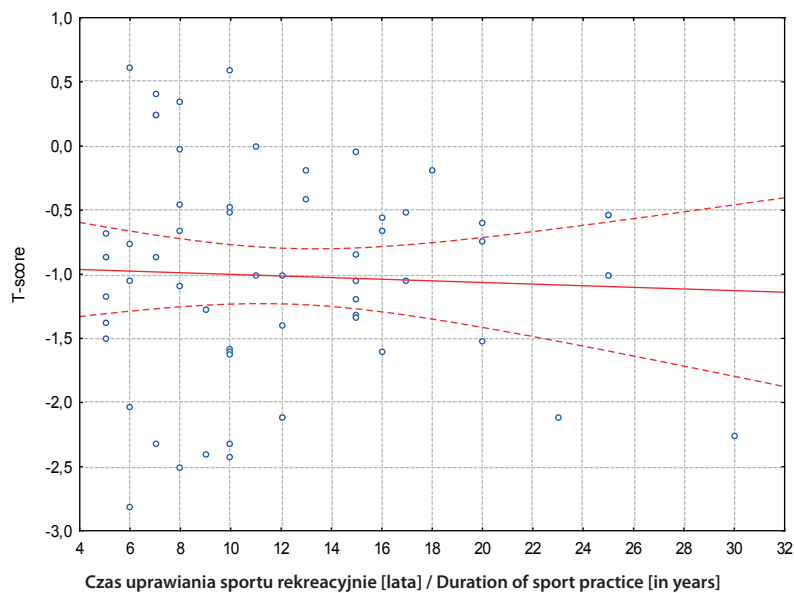
A slight correlation was found between the variables in this question. This was confirmed by the low value of the linear correlation coefficient, which was 0.28. The relation may be considered statistically significant ( $p = 0.0337$ ).

The subjects in the test group continued practising recreational sport for 5-30 years, on average for 12 years. In order to find the correlation between T-scores and the duration of sports practice, the linear correlation coef-



Ryc. 3. Łączny czas rekreacji ruchowej w tygodniu a gęstość kości (najniższy wynik) [w min]

Fig. 3. Total time of exercising per week vs. bone density (the worse result) [in min]



Ryc. 4. Charakterystyka zależności gęstości kości (najniższy wynik) od długości uprawiania sportu [w latach]

Fig. 4. Correlation characteristics between bone density (the worst result) and duration of sports practice [in years]

każdej kobiety w grupie badanej, przedstawiono na rycinie 3.

Stwierdzono występowanie nieznaczącej korelacji między rozważanymi zmiennymi. Potwierdza to niska wartość współczynnika korelacji liniowej wynosząca 0,28. Otrzymaną zależność można uznać za statystycznie istotną ( $p = 0,0337$ ).

Czas uprawiania sportu rekreacyjnego w grupie badanej zawierał się w przedziale 5-30 lat, przy czym średnio wynosił on około 12 lat. W celu wykazania zależności między wartością T-score a czasem uprawiania sportu rekreacyjnego wyznaczono współczynnik korelacji liniowej – wyniki analizy przedstawiono na rycinie 4.

Wartość współczynnika korelacji wynosi  $r = -0,04$  i świadczy o braku zależności między długością czasu

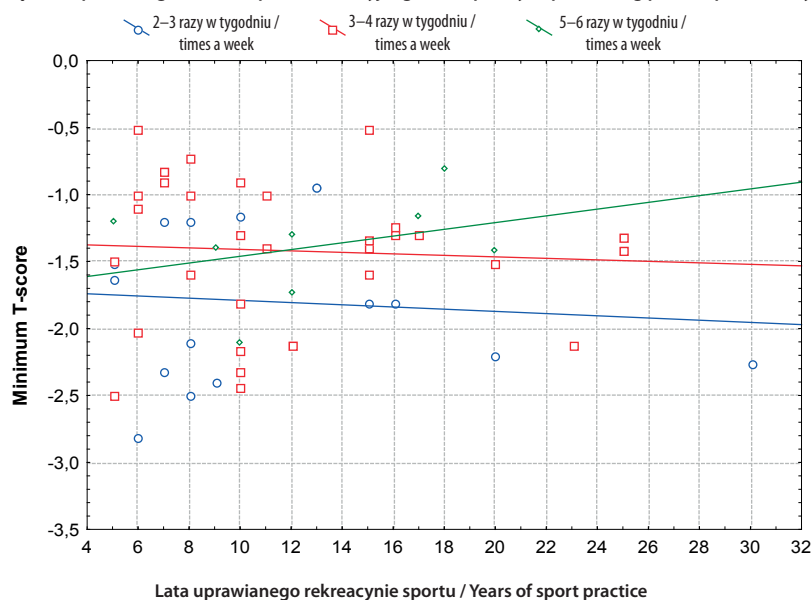
przepracowania a gęstością kości. Współczynnik został określony – wyniki analizy są przedstawione na rycinie 4.

Wartość współczynnika korelacji wynosi  $r = -0,04$  i nie wykazuje zależności między czasem uprawiania sportu w latach a gęstością kości ( $p = 0,726$ ).

Rycina 5 przedstawia dystrybucję wyników dla najniższej gęstości kości u kobiet z grupy testowej w zależności od częstości i czasu uprawiania sportu.

W grupie ośmiu osób uprawiających aktywność fizyczną 5-6 razy w tygodniu, widoczna jest tendencja na większą gęstość kości, im dłużej uprawia sport. Jest to bardzo słaba zależność ( $r = 0,23$ ;  $p = 0,046$ ), a ponieważ grupa jest bardzo mała, wiarygodna interpretacja jest poza zakresem tego badania. Dlatego zaleca się przeprowadzenie badań na większej grupie w tym zakresie.

Częstość uprawianego obecnie sportu rekreacyjnego: / Frequency of performing present sport activity:



Ryc. 5. Charakterystyka zależności gęstości kości (najniższy wynik) od długości i częstotliwości uprawiania sportu  
 Fig. 5. The correlation of bone density (the lowest result) with frequency and time of sport practice

Tab. 5. Wyniki poszczególnych prób testu Eurofit

Tab. 5. The results of the subsequent tests in Eurofit

Próba sprawnościowa: Fitness test	Grupa badana Test group		Grupa kontrolna Control group		Prawdopodobieństwo testowe Test probability p
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
Test siły mięśni brzucha Abdominal muscle strength test	13,39	2,97	5,12	5,15	p < 0,00001 (***)
Test równowagi Balance Test	2,05	2,06	4,75	2,84	p < 0,00001 (***)
Test koordynacji ruchowej Motor coordination Test	8,06	1,64	10,62	2,87	p < 0,00001 (***)
Test gibkości (w siadzie prostym) Flexibility Test (long sit)	30,53	8,27	16,11	9,94	p < 0,00001 (***)
Test gibkości (w skłonie do boku) Flexibility Test (side flexion)	21,77	2,06	18,91	3,61	p < 0,00001 (***)
Test siły mięśni ramion Arms muscle strenght test	11,41	16,04	1,28	2,93	p < 0,00001 (***)

uprawiania sportu rekreacyjnego w latach a gęstością kości ( $p=0,726$ ).

Na rycinie 5 przedstawiono rozkład najniższych wyników gęstości kości u kobiet z grupy badanej w zależności od częstości i długości uprawiania sportu.

W grupie ośmiu osób, uprawiających rekreację ruchową 5-6 razy w tygodniu, widoczna jest pewna słaba tendencja do wzrostu gęstości kości wraz z wydłużaniem się czasu uprawiania sportu. Jest to zależność bardzo słaba ( $r = 0,23$ ;  $p = 0,046$ ) i w związku z mało liczną grupą wiarygodna interpretacja wykracza poza ramy niniejszej pracy, wskazując jedynie na celowość prowadzenia badań na większej grupie w tym zakresie.

W tabeli 5 przedstawiono wyniki poszczególnych prób testu sprawności fizycznej Eurofit dla dorosłych,

Table 5 shows the results of the subsequent tests of physical fitness in Eurofit for adults, conducted among women in the test and control groups.

Statistically significant difference was found in the results of all Eurofit tests for adults carried out. Physically active women had a significantly higher level of fitness than inactive women.

## Discussion

The study has demonstrated a statistically substantial difference in the incidence of osteoporosis, illustrating advantaged position of physically active women in this respect. In the test group, osteoporosis was diagnosed in 5%, osteopenia in 73.3% of the subjects, and the results were in the normal range in 21.7% of the females.



przeprowadzonego u kobiet w grupach badanej oraz kontrolnej.

Stwierdzono statystycznie istotną różnicę w wynikach wszystkich przeprowadzonych prób testu Eurofit dla dorosłych. Kobiety aktywne fizycznie miały zdecydowanie wyższy poziom sprawności fizycznej niż kobiety prowadzące mało aktywne tryb życia.

## Dyskusja

W badaniu stwierdzono wysoce istotną statystycznie różnicę w częstości występowania osteoporozy na korzyść grupy kobiet aktywnych fizycznie. W grupie badanej osteoporozę rozpoznano u 5%, osteopenię – u 73,3%, wyniki w normie – u 21,7%. W grupie kobiet prowadzących siedzący tryb życia osteoporoza występowała zdecydowanie częściej, bo aż w 38,6%. W grupie kontrolnej osteopenię stwierdzono u 57,89%, natomiast wyniki prawidłowe jedynie u 3,51%. Średnie wartości gęstości kości w każdym miejscu pomiaru były wyższe w grupie badanej, w tym wysoce istotne różnice na korzyść ćwiczących występowały w gęstości kości szyjki głowy kości udowej. Jest to niezwykle ważny wynik, ponieważ powikłania osteoporozy w postaci złamań szyjki kości udowej są częstą przyczyną niepełnosprawności, a nawet śmierci wśród osób starszych [13, 14]. Pomimo zdecydowanie lepszych wyników w grupie badanej, zastanawiający jest fakt występowania tak dużego odsetka kobiet z osteopenią w obydwu analizowanych grupach. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że aktywność fizyczna ma zdecydowanie korzystny wpływ na spowolnienie ubytku kości u kobiet po menopauzie. Niemniej, występowanie tak dużej liczby kobiet z osteopenią, również w grupie kobiet aktywnych fizycznie, nasuwa przypuszczenie o zbyt niskim poziomie ogólnej aktywności fizycznej, jak również o istotnym wpływie innych czynników egzogennych na szybszy ubytek masy kostnej w okresie pomenopauzalnym.

Wyniki badań własnych potwierdzają wyniki badań uzyskanych przez niektórych badaczy. Porównywalne badanie przeprowadzili Hagberg i wsp. w 2001 roku [15]. Autorzy oceniali wpływ aktywności fizycznej na masę kostną u kobiet w okresie menopauzy. Analizie poddane zostały trzy grupy: kobiety niećwiczące, kobiety umiarkowanie aktywne fizycznie (rekreacja ruchowa powyżej 90 minut tygodniowo) oraz kobiety uprawiające w przeszłości sport wyczynowy, nadal aktywne ruchowo. Autorzy wykazali związek między aktywnością fizyczną a gęstością kości, przy czym niezwykle ciekawym wynikiem było to, że kobiety ćwiczące rekreacyjnie miały wyższe BMD niż kobiety prowadzące siedzący tryb życia oraz kobiety uprawiające sport wyczynowy. Potwierdza to wysunięty z badań własnych wniosek o korzystnym wpływie rekreacyjnej, umiarkowanej aktywności fizycznej na gęstość kości u starszych kobiet.

Pozytywny wpływ na gęstość kości u kobiet z obniżoną masą kostną, w wieku 52-58 lat, wykazał także Kemmler

Osteoporosis, in the group of women living sedentary lifestyle, occurred much more often, i.e. in 38.6% of the females. Osteopenia, in the control group, was diagnosed in 57.89%, whereas findings in the normal range were found only in 3.51% of the females. Mean values of bone density in each point of measurement were higher in the test group, and highly significant differences in favour of active women were found in bone density of the femoral neck.

It is a very important finding as osteoporosis complications, like fractures of the femoral neck, are a frequent cause of disability or even death among the elderly [13, 14]. However, despite certainly better results in the group of women practising recreational sport, it is puzzling that both groups were found with such a high percentage of subjects with osteopenia. The findings of the study confirmed that physical activity has highly beneficial influence on slowing down of bone density loss in women after menopause. However, such a high number of subjects with osteopenia in the group of physically active women suggests the level of general physical activity may still be insufficient, and there may also be significant influence of other exogenous factors promoting quicker loss of bone mass following menopause.

The findings of the present study, based on a large group of women, confirm the results reported by some researchers in a few publications. A comparable study was conducted by Hagberg et al. in 2001 [15]. The authors assessed the influence of physical activity on bone mass in women during menopause. The analysis concerned three groups: inactive women, women moderately active (over 90 minutes a week), as well as women practising sports professionally in the past, and still physically active. The authors demonstrated there was a correlation between physical activity and bone density. Interestingly, women practising recreational sport were found with higher BMD than both women living sedentary lifestyle and those practising competitive sports. That finding confirms the conclusion proposed by the present study concerning the beneficial influence of recreational and moderate physical activity on bone density in elderly women.

Beneficial influence of exercise on bone density in women with low bone mass, aged 52-58, was demonstrated by Kemmler [16]. His findings showed bone density stabilization in women after 36 months of general exercise, and a serious loss in the index in women living sedentary lifestyle. Heinonen et al. acquired similar findings in a study, which showed beneficial effect of endurance training continued for 36 months, 2-3 times a week, on maintaining higher values of bone density in perimenopausal women [17]. Similarly, in 2009, Spanish researchers (De Matos et al.) also confirmed bone density stabilization, in postmenopausal women after 12 months of weight training exercise, in the region of the lumbar spine and femoral neck, in relation to the control group

[16]. Stwierdził on stabilizację gęstości kości u kobiet po 38 miesiącach ćwiczeń ogólnorozwojowych, natomiast poważny jej spadek u kobiet prowadzących siedzący tryb życia. Podobne wyniki uzyskali w swoich badaniach Heinonen i wsp., którzy wykazali korzystny wpływ ćwiczeń wytrzymałościowych, prowadzonych przez 36 miesięcy 2–3 razy w tygodniu, na utrzymanie wyższych wartości gęstości kości u kobiet w wieku okołomenopauzalnym [17]. Również hiszpańscy badacze (De Matos i wsp.) w 2009 roku wykazali stabilizację gęstości kości u kobiet po menopauzie po 12 miesiącach ćwiczeń siłowych w okolicy kręgosłupa lędźwiowego oraz szyjki głowy kości udowej w stosunku do grupy kontrolnej kobiet niećwiczących [18]. W 2013 roku Roghani i wsp. opisali korzystne zmiany markerów obrotu kostnego (BALP i NTX) po sześciu tygodniach submaksymalnych ćwiczeń aerobowych u kobiet po menopauzie z osteoporozą [19].

Większość badań nad wpływem aktywności fizycznej na gęstość kości u kobiet po menopauzie opiera się na ocenie skuteczności stosowania ćwiczeń o określonej strukturze i natężeniu w przyjętej jednostce czasu [20–22]. Rzadko można spotkać się z opracowaniami dotyczącymi wpływu trybu życia na gęstość mineralną kości. Z badań własnych na dużej grupie kobiet i na podstawie przytoczonych wyników badań innych autorów, można wnioskować, że aktywny tryb życia znacząco zmniejsza ubytek masy kostnej u kobiet po 50 roku życia.

W przeprowadzonym badaniu głównym kryterium doboru do grupy badanej był udział w zorganizowanych formach ćwiczeń ogólnorozwojowych przynajmniej 2–3 razy w tygodniu, minimum przez pięć lat. Większość kobiet uczestniczyła również w innych formach aktywności ruchowej. Oceniono, czy istnieje zależność między łącznym czasem uprawiania sportu w tygodniu a minimalnymi wartościami T-score uzyskanymi w badaniu densytometrycznym. Analiza ta, przeprowadzona dla osób z grupy badanej, pokazała słabą, lecz istotną statystycznie, korelację. Z powyższego można wysunąć wniosek, że większa częstotliwość uprawiania sportu wpływa na osiąganie wyższych wartości gęstości kości.

Badano również zależność między minimalną wartością T-score a czasem (w latach) uprawiania sportu rekreacyjnego. Przeciętny czas uprawiania sportu rekreacyjnego w grupie badanej wynosił 12 lat, w przedziale 5–30 lat. Uzyskana wartość współczynnika korelacji ( $r = -0,01$ ) świadczy o braku zależności pomiędzy czasem uprawiania sportu rekreacyjnego a gęstością kości. Co prawda, w grupie 8 osób uprawiających sport najczęściej (5–6 razy w tygodniu), widoczna była pewna tendencja do wzrostu gęstości kości wraz z czasem uprawiania sportu, lecz jest to zależność bardzo słaba. Można stąd wnioskować, że rozpoczęcie systematycznych ćwiczeń fizycznych przed 50 rokiem życia wpływa w podobnym stopniu ochronnie na gęstość kości, jak i dłuższa, wcześniejsza aktywność ruchowa.

of inactive women [18]. In 2013, Roghani et al. described beneficial changes in markers of bone turnover (BALP and NTX) after six weeks of submaximal aerobic exercise in postmenopausal women with osteoporosis [19].

Most studies concerning the influence of physical activity on bone density in postmenopausal women focus on assessing the effectiveness of exercise which structure and intensity are defined in specified time frames [20–22]. There are few publications discussing the impact of lifestyles on bone mineral density. The present study of a large group of women and the previous findings reviewed here allow a conclusion that an active lifestyle significantly lowers bone mass loss in women over 50.

In the present study, the subjects were qualified to the study group if they had participated in organized forms of general exercise, at least 2–3 times a week, for a minimum of 5 years. The majority of women took part in other forms of physical activity, as well. It was assessed, whether there was a correlation between the total time of exercise per week and minimal T-score values in densitometry test. The analysis conducted for the subjects in the study group showed a weak, but statistically significant correlation. This allows for a conclusion that a greater frequency of exercise results in higher bone density values.

The study also assessed the correlation between minimum T-scores and the duration (in years) of recreational sports practice. On average, the subjects in the study group continued to practise recreational sports for 12 years, in the range of 5–30 years. The obtained value of correlation coefficient ( $r = -0,01$ ) shows no relation between duration of sports practice in years and bone density. Although, a group of 8 subjects exercising most often (5–6 times a week) showed a certain increase in bone density coinciding with the duration of sport practice, yet the correlation was very weak. Therefore it may be concluded that, if taken up before 50 years of age, regular exercise prevents adverse changes in bone density to the same extent as long-lasting sports practice initiated earlier.

Significantly higher levels of physical fitness were found in the test group. Our results are consistent with the results of other authors evaluating the effect of physical activity on the development of motor skills in adults and the elderly. Makris and Górecka physical conducted fitness test was among women of all ages. They argued that there were differences in physical fitness of exercising and non-exercising women. The differences in the group up to 38 years of age were small and not always statistically significant. However, the more advanced the age, the bigger the differences between the groups in favor for the active [23]. Physical fitness is of particular importance in maintaining functional independence and prevention of falls. Although falls occur in each period of ontogenesis, impaired postural control mechanisms and coexisting osteoporosis cause that falls become a serious problem later in life entailing serious health consequences.

W badanej grupie stwierdzono także zdecydowanie wyższy poziom sprawności fizycznej. Wyniki badań własnych są zgodne z wynikami innych autorów oceniających wpływ aktywności fizycznej na rozwój cech motorycznych u osób dorosłych i starszych. Makris i Górecka przeprowadziły badanie sprawności fizycznej wśród kobiet w różnym wieku. Stwierdziły one, że istnieją różnice w sprawności fizycznej kobiet ćwiczących i niećwiczących, przy czym w grupie do 38 roku życia różnice te były niewielkie i nie zawsze istotne statystycznie, zaś z wiekiem różnice między grupami wyraźnie pogłębiały się, na korzyść osób aktywnych [23]. Sprawność fizyczna ma szczególne znaczenie w utrzymaniu samodzielności funkcjonalnej oraz profilaktyce upadków. Mimo że upadki zdarzają się w każdym okresie ontogenezy, upośledzenie mechanizmów kontroli postawy oraz współistniejąca osteoporoza powodują, że w późniejszym okresie życia upadki stają się poważnym problemem, pociągającym za sobą poważne konsekwencje zdrowotne. Najpoważniejszymi następstwami upadków są złamania, a dla osób w późniejszym wieku złamania końca bliższego kości udowej. Mogą one prowadzić do niepełnosprawności, stałej dysfunkcji narządu ruchu, obniżenia jakości życia, pomocy i potrzeby opieki osób drugich, a w najgorszym przypadku nawet do śmierci z powodu zaistniałych powikłań układowych [24, 25].

Podsumowując, można stwierdzić, iż szybkość utraty masy kostnej u kobiet w okresie menopauzy może być w znacznym stopniu regulowana przez aktywność ruchową. Każdy rodzaj aktywności fizycznej ma pozytywny wpływ na tkankę kostną, tym skuteczniejszy im jest bardziej różnorodny. Należy dodać, że rodzaj i intensywność zajęć ruchowych powinny być dostosowane do upodobań, wieku i stanu zdrowia. Ważne jest kontynuowanie ćwiczeń fizycznych przez całe życie, aby utrzymać korzyści wynikające z wpływu aktywności fizycznej na gęstość kości. Jednakże rozpoczęcie ćwiczeń nawet w późniejszym okresie życia daje pozytywne rezultaty w postaci spowolnienia procesów kościogubienia, poprawy sprawności fizycznej oraz obniżenia ryzyka złamania szyjki kości udowej. Rekreacyjna aktywność ruchowa u kobiet w okresie pomenopausalnym wpływa również na utrzymanie wyższego poziomu sprawności fizycznej, co ma niezwykle istotne znaczenie w profilaktyce upadków i utrzymaniu samodzielności funkcjonalnej w późniejszych latach życia. Przytoczone aspekty w znaczący sposób wpływają na poprawę komfortu i jakości życia osób starszych.

## Wnioski

1. Systematyczna aktywność fizyczna o charakterze rekreacyjnym wpływa korzystnie na utrzymanie wyższego poziomu sprawności fizycznej u kobiet w wieku 50–60 lat.
2. Regularna aktywność fizyczna o umiarkowanej intensywności wpływa na zachowanie wyższych wartości gęstości mineralnej kości u kobiet po 50 roku życia.

The most serious consequences of falls are fractures, and especially fractures of the proximal femur in case of senior citizens. They can lead to disability, permanent dysfunction of the musculoskeletal system, reduced quality of life, the need of help and care of others, and in the worst cases even death due to systemic complications [24, 25].

Concluding, the rate of bone loss in menopausal women can be controlled by physical activity to a large extend. Any kind of physical exercise positively impacts bone tissue, where more variety in such activities allows for greater success. Additionally, the form and intensity of exercising should be adjusted to one's preferences, age and health condition. It is important to continue exercising for the whole life in order to maintain the benefits of physical activity and its impact on bone density. In fact, exercise taken up at a more advanced age leads to positive results, such as: inhibited bone resorption process, improved fitness, reduced pain in the motor organ, as well as lower risk of femoral neck fracture. Recreational activity in postmenopausal women maintains a high level of physical fitness, which is of great importance in the prevention of falls and maintenance of functional independence in later life. Above mentioned aspects have a significant impact on improving the comfort and quality of life of the elderly.

## Conclusions:

1. Regular physical activity in leisure time is beneficial to maintain a higher level of physical fitness in women aged 50 to 60.
2. Regular physical activity of moderate intensity maintains the greater mineral bone density in postmenopausal women after 50 years of age.

## Conflict of interest statement

I herein declare that there was no conflict of interest between me and any third parties. The research was conducted by means of my own resources. It was not financed by any outside sources which could claim rights related to the acquired information. The subjects agreed to participate in the study and for publishing the relevant findings.



## Bibliografia / Bibliography

1. Hadji P, Klein S, Gothe H i wsp. The Epidemiology of Osteoporosis—Bone Evaluation Study (BEST). *Dtsch Arztebl Int* 2013;110(4):52–57.
2. Bessette L, Ste-Marie L, Jean S i wsp. Recognizing osteoporosis and its consequences in Quebec (ROCQ): Background, rationale, and methods of an anti-fracture patient health-management programme. *Contemp Clin Trials* 2008;29(2):194–210. doi: 10.1016/j.cct.2007.07.007
3. Kimber C, Grimmer-Somers K. Preventing osteoporosis-related fractures from happening (again). *Intl J Ortho Trauma Nursing* 2011;15(3):121–135. doi: 10.1016/j.ijotn.2010.12.001
4. Koh K, Park H, Kim K. Prediction of age-related osteoporosis using fractal analysis on panoramic radiographs. *Imaging Sci Dent* 2012;42(4):231. doi: 10.5624/isd.2012.42.4.231
5. Lawrenson R, Nicholls P, Rivers-Latham R, Brown T, Barnardo J, Gray R. PIXI bone density screening for osteoporosis in postmenopausal women. *Maturitas* 2006;53(3):245–251. doi: 10.1016/j.maturitas.2005.05.004
6. Leboime A, Confavreux CB, Mehsen N, Paccou J, David C, Roux C. Osteoporosis and mortality. *Joint Bone Spine* 2010;77:107. doi: 10.1016/S1297-319X(10)70004-X
7. Lebrun C. Bone disease in female athletes. *Women's Health Medicine* 2006;3(4):165–170. doi: 10.1383/wohm.2006.3.4.165
8. Quereda F, Mendoza N, Olalla MA, Baró F, Durán M. Prophylactic approach for asymptomatic post-menopausal women: Osteoporosis. *Maturitas* 2005;52:38–45. doi: 10.1016/j.maturitas.2005.06.016
9. Martínez-Morillo M, Grados D, Holgado S. Premenopausal Osteoporosis: How to Treat? *Reumatol Clin* 2012;8(2):93–97. doi: 10.1016/j.reumae.2011.05.005
10. Mithal A, Malhotra N. Osteoporosis: Key Issues in Management. *Apollo Medicine* 2006;3(2):189–196. doi: 10.1016/S0976-0016(11)60196-8
11. Nielsen D, Ryg J, Nielsen W, Knold B, Nissen N, Brixen K. Patient education in groups increases knowledge of osteoporosis and adherence to treatment: A two-year randomized controlled trial. *Patient Educ Couns* 2010;81(2):155–160. doi: 10.1016/j.pec.2010.03.010
12. de Oliveira Ferreira N, Arthuso M, da Silva R, Pedro AO, Pinto Neto AM. Quality of life in women with postmenopausal osteoporosis: Correlation between QUALEFFO 41 and SF-36. *Maturitas* 2009;62(1):85–90. doi: 10.1016/j.maturitas.2008.10.012
13. Adachi JD, Adami S, Gehlbach S i wsp. Impact of Prevalent Fractures on Quality of Life: Baseline Results From the Global Longitudinal Study of Osteoporosis in Women. *Mayo Clinic Proceedings* 2010;85(9):806–813. doi: 10.4065/mcp.2010.0082
14. Kelley GA, Kelley KS. Dropouts and Compliance in Exercise Interventions Targeting Bone Mineral Density in Adults: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Osteoporos* 2013;2013(7):1–19. doi: 10.1155/2013/250423
15. Hagberg JM, Zmuda JM, McCole SD i wsp. Moderate Physical Activity is Associated with Higher Bone Mineral Density in Postmenopausal Women. *J Am Geriatr Soc* 2001;49(11):1411–1417. doi: 10.1046/j.1532-5415.2001.4911231.x
16. Kemmler W, von Stengel S, Weineck J, Lauber D, Kalender W, Engelke K. Exercise effects on menopausal risk factors of early postmenopausal women: 3-yr Erlangen fitness osteoporosis prevention study results. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37(2):194–203. doi: 10.1249/01.MSS.0000152678.20239.76
17. Heinonen A, Oja P, Sievänen H, Pasanen M, Vuori I. Effect of two training regimens on bone mineral density in healthy perimenopausal women: a randomized controlled trial. *J Bone Miner Res* 1998;13(3):483–490. doi: 10.1359/jbmr.1998.13.3.483
18. de Matos O, Lopes da Silva DJ, Martinez de Oliveira J, Castelo-Branco C. Effect of specific training on bone mineral density in women with postmenopausal osteopenia or osteoporosis. *Gynecol Endocrinol* 2009;25(9):616–620. doi: 10.1080/09513590903015593
19. Roghani T, Torkaman G, Movasseghe S i wsp. Effects of short-term aerobic exercise with and without external loading on bone metabolism and balance in postmenopausal women with osteoporosis. *Rheumatol Int* 2013;33(2):291–298. doi: 10.1007/s00296-012-2388-2
20. Schmitt NM, Schmitt J, Dören M. The role of physical activity in the prevention of osteoporosis in postmenopausal women - An update. *Maturitas* 2009;63(1):34–38. doi: 10.1016/j.maturitas.2009.03.002
21. Kohrt WM, Bloomfield SA, Little KD i wsp. Physical Activity and Bone Health. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(11):1985–1996. doi: 10.1249/01.MSS.0000142662.21767.58
22. Martyn-St JM, Carroll S. Progressive High-Intensity Resistance Training and Bone Mineral Density Changes Among Premenopausal Women. *Sports Med* 2006;36(8):683–704.
23. Makris M, Górecka B. Sprawność fizyczna kobiet uprawiających aerobik. *Nowa Med* 1999;7:51–53. doi: 10.2165/00007256-200636080-00005
24. Lai JK, Lucas RM, Armstrong M, Banks E. Prospective observational study of physical functioning, physical activity, and time outdoors and the risk of hip fracture: a population-based cohort study of 158,057 older adults in the 45 and up study. *J Bone Miner Res* 2013; 28(10):2222–2231. DOI: 10.1002/jbmr.1963
25. Qu X, Zhang X, Zhai Z i wsp. Association between physical activity and risk of fracture. *J Bone Miner Res* 2014;29(1):202–211. doi: 10.1002/jbmr.2019