



# Gęstość tkanki kostnej młodych osób w zależności od aktywności fizycznej

## Bone tissue density in young people depending on physical activity

Aleksandra Pusz-Sapa, Joanna Sobczyk

Zakład Diagnostyki Obrazowej i Medycyny Nuklearnej, Instytut Nauk Medycznych, Kolegium Nauk Medycznych Uniwersytetu Rzeszowskiego, ul. Warzywna 4 a, 35-310 Rzeszów, e-mail: apusz@ur.edu.pl, tel. +48 601 294 606

### Streszczenie

### Abstract

**Wprowadzenie.** Tkanka kostna jest tkanką aktywną metabolicznie, która podlega dynamicznym przeciwstawnym procesom kościotworzenia i resorpcji. Coraz większą uwagę zwraca się na znaczenie aktywności fizycznej jako czynnika warunkującego zdrowy układ kostny.

**Cel badania.** Celem badania była ocena zawartości mineralnej (BMC) i gęstości tkanki kostnej (BMD) oraz wskaźników T-Score i Z-Score: całego szkieletu, kręgosłupa lędźwiowego i nasady bliższej kości udowej prawej i lewej młodych osób w zależności od aktywności fizycznej.

**Materiał i metoda.** W badaniu udział wzięło 120 osób w wieku od 20 do 29 lat – (60 kobiet i 60 mężczyzn), w tym po 60 osób (30 kobiet i 30 mężczyzn) w grupie bardziej aktywnych i mniej aktywnych fizycznie, którzy w badaniu zostali określani jako nieaktywni fizycznie. Oceniane parametry uzyskano przy użyciu densytometru Lunar iDXA (GE Healthcare). Analizie poddane zostały następujące parametry: BMC, BMD, T-Score i Z-Score całego szkieletu, odcinka L1-L4 kręgosłupa lędźwiowego i nasady bliższej kości udowej prawej i lewej, a także BMI i BSA.

**Wyniki.** Uzyskano wyższe wartości ocenianych parametrów w grupie aktywnych fizycznie w porównaniu z grupą nieaktywnych fizycznie. Istotnie statystyczne różnice uzyskano dla:

- BMD i BMC całego szkieletu oraz BMC odcinka L1-L4 kręgosłupa lędźwiowego i nasady bliższej obu kości udowych, porównując obie grupy bez podziału na płeć;
- BMD i BMC oraz T-Score całego szkieletu i Z-Score odcinka L1-L4 kręgosłupa lędźwiowego tylko w grupie kobiet.

Analizując korelację między BMI a BMD oraz BSA a BMD całego szkieletu, stwierdzono istotnie statystyczne dodatnie korelacje w obu grupach bez podziału na płeć oraz w grupie mężczyzn. Natomiast istotność statystyczną wykazano dla różnicy współczynników korelacji pomiędzy grupami dla korelacji BMI i BMD total.

**Wnioski.** Uzyskane w prezentowanej pracy wyniki wskazują, że nawet niewielki, regularny wysiłek na poziomie rekreacyjnym wpływa na zwiększenie gęstości kości.

**Słowa kluczowe:** zawartość mineralna tkanki kostnej (BMC), gęstość tkanki kostnej (BMD), T-Score, Z-Score, indeks masy ciała (BMI), powierzchnia ciała (BSA), dwuenergetyczna absorpcyjometria rentgenowska (DXA), aktywność fizyczna

**Introduction.** Bone tissue is a metabolically active tissue that undergoes dynamic opposing processes of bone formation and resorption. More and more attention is paid to the importance of physical activity as a determinant of a healthy skeletal system.

**Aim.** The aim of the study was to assess the bone mineral content (BMC) and bone tissue density (BMD) as well as the T-Score and Z-Score indicators: of the whole skeleton, lumbar spine and proximal femoral right and left femurs in young people depending on physical activity.

**Material and methods.** 120 people aged 20 to 29 (60 women and 60 men) took part in the study, including 60 people (30 women and 30 men) in the more active group and less physically active people who were described as physically inactive in the study. The evaluated parameters were obtained using a Lunar iDXA densitometer (GE Healthcare). The following parameters were analyzed: BMC, BMD, T-Score and Z-Score of the whole skeleton, the segment L1-L4 of the lumbar spine and the proximal epiphysis of the right femur and left, as well as BMI and BSA.

**Results.** Higher values of the assessed parameters were obtained in the physically active group compared to the group of physically inactive. Significant statistical differences were obtained for:

- BMD and BMC of the whole skeleton and BMC of the L1-L4 segment of the lumbar spine and proximal epiphysis of both femurs comparing the two groups without gender division;
- BMD and BMC as well as T-Score of the whole skeleton and Z-Score of the L1-L4 segment of the lumbar spine only in the group of women.

Analyzing the correlation between BMI and BMD as well as BSA and BMD of the whole skeleton, statistically significant positive correlations were found in both groups without division into sex and in the group of men. On the other hand, statistical significance was demonstrated for the difference in correlation coefficients between the groups for the correlation between BMI and BMD total.

**Conclusions.** The results obtained in the presented study indicate that even small, regular exercise at the recreational level increases bone density.

**Key words:** Bone mineral content (BMC), bone density (BMD), T-Score, Z-Score, Body Mass Index (BMI), Body Surface Area (BSA), Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DXA), physical activity

otrzymano / received:

23.04.2022

poprawiono / corrected:

27.04.2022

zaakceptowano / accepted:

10.05.2022

Tkanka kostna jest tkanką, która podlega dynamicznym odmiennym procesom kościotworzenia i resorpcji, które decydują o stopniu jej mineralizacji. W wieku dziecięcym i młodzieńczym przeważa proces tworzenia nad jej zanikiem [1]. Nabycie wysokiej masy kostnej w dzieciństwie i w okresie dojrzewania jest istotnym czynnikiem warunkującym zdrowie szkieletu osób dorosłych [2]. Szczytowa masa kostna PBM (*Peak Bone Mass*) jest najwyższą wartością masy kostnej uzyskaną w życiu człowieka. Dokładny wiek, w którym zostaje uzyskana najwyższa wartość masy tkanki kostnej, różni się w zależności od płci i regionu szkieletu [3]. Wiele publikacji podaje, że 50% szczytowej masy kostnej osiągnięte jest w pierwszej, 40% w drugiej i 10% w trzeciej dekadzie życia, z tym że u kobiet osiągnięta jest w 20.-25. r.ż., a u mężczyzn w 29.-30. r.ż. Okres dojrzewania i młoda dorosłość są najbardziej korzystnym czasem dla długoterminowego wzrostu gęstości kości, ponieważ prawie 90% PBM osiąga się w wieku 18 lat, dlatego wczesne dorosłe lata mogą być ostatnią szansą na jej zwiększenie [4-6]. Osiągnięcie optymalnej szczytowej masy kostnej jest bardzo istotne, ponieważ od około 45. r.ż. postępuje zmniejszanie masy tkanki kostnej; procesy resorpcji zaczynają przeważać nad procesami kościotworzenia [7]. Czynniki, które mają wpływ na masę tkanki kostnej, są: predyspozycje genetyczne, płeć, rasa, stan hormonalny, dieta i aktywność fizyczna. Negatywnie na stan mineralizacji tkanki kostnej wpływają używki (palenie papierosów, picie alkoholu) [8, 9, 10, 11]. Coraz większą wagę zwraca się także na znaczenie aktywności ruchowej jako jednego z głównych czynników warunkujących zdrowy układ kostny [12].

Vadimaesson i wsp. sformułowali tezę, że już niewielka aktywność fizyczna może powodować wzrost BMD do nawet 30%, ale nie zostało to potwierdzone w innych badaniach dotyczących wpływu wysiłku fizycznego na mineralizację kości [13].

Aktywność fizyczna jest pojęciem trudnym do zdefiniowania z uwagi na swój szeroki zakres. Przybierać może bardzo różne formy. Dlatego w opracowaniach dotyczących aktywności fizycznej wyróżnia się kilka obszarów: aktywność fizyczną w domu i jego okolicy, związaną z przemieszczaniem się, rekreacyjną – realizowaną w czasie wolnym [14].

Wśród definicji o podejściu ukierunkowanym na aspekt biologiczny można znaleźć także aktywność fizyczną definiowaną przez Caspersena, Powella, Christensona jako „każdy ruch ciała wywołany przez mięśnie szkieletowe, który powoduje wydatek energetyczny ponad poziom spoczynkowy” [15, 16]. Natomiast Howley i Franks uważają, że „aktywność fizyczna odnosi się do ruchów ciała wykonywanych dzięki mięśniom szkieletowym i wymagających wydatku energetycznego na poziomie przynoszącym korzyści zdrowotne” [17]. Wszystkie definicje łączy to, że aktywność fizyczna „jest niezbędna człowiekowi na każdym etapie jego życia i w każdej grupie wiekowej. Znaczenie ruchu zmienia się i ewoluuje wraz z wiekiem człowieka, zawsze jednak pozostaje jednym z głównych czynników warunkujących zdrowie” [18].

Celem badania była ocena zawartości mineralnej (BMC) i gęstości tkanki kostnej (BMD) oraz wskaźników T-Score i Z-Score: całego szkieletu, kręgosłupa lędźwiowego i nasady bliższej kości udowej prawej i lewej młodych osób w zależności od aktywności fizycznej.

## Materiał i metoda

Badaniem objęto 120 osób w wieku od 20 do 29 lat – 60 kobiet (średnia wieku 21,9 lat) i 60 mężczyzn (średnia wieku 21,7 lat). Przedział wiekowy badanych został dostosowany do wskazywanego w publikacjach okresu osiągnięcia szczytowej masy kostnej [19, 20].

Kryteriami włączenia do badania były:

- wiek 20-29 lat,
- deklarowany dobry stan zdrowia,
- świadoma pisemna zgoda.

Kryteriami wyłączenia z badania były:

- niespełnienie kryteriów włączenia,
- uprawianie jakiegokolwiek dyscypliny sportowej,
- choroby przewlekłe, np. cukrzyca, RZS, osteoporoza, otyłość, nadciśnienie tętnicze,
- badania obrazowe z użyciem środka kontrastującego lub z użyciem radiofarmaceutyku wykonane dwa tygodnie przed badaniem DXA,
- suplementacja diety, w szczególności wapni.

Projekt uzyskał zgodę Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Rzeszowskiego.

Osoby przystępujące do badania otrzymały wytyczne dotyczące przygotowania i jego przebiegu. Badanie przeprowadzono w Przyrodniczo-Medycznym Centrum Badań Innowacyjnych Uniwersytetu Rzeszowskiego w Pracowni densytometrii. Uczestników badania poproszono o wypełnienie kwestionariusza ankiety oraz podpisanie zgody na badanie z użyciem promieniowania jonizującego.

Do weryfikacji aktywności fizycznej przygotowano autorski kwestionariusz składający się z 8 pytań dotyczących rodzaju aktywności fizycznej, jej częstotliwości i czasu trwania w trakcie tygodnia. Na podstawie ankiety badani zostali podzieleni na dwie grupy po 60 osób: osoby aktywne fizycznie (30 kobiet i 30 mężczyzn) oraz osoby nieaktywne fizycznie (30 kobiet i 30 mężczyzn).

Do grupy aktywnych fizycznie, którą oznaczono jako grupa 1, zaliczono osoby ćwiczące 3,5-4 godzin tygodniowo (biegi, siłownia, basen) przez okres 1 do 1,5 roku. Grupę 2 stanowiły osoby nieaktywne fizycznie wykonujące jedynie czynności dnia codziennego.

Następnie wykonane były pomiary antropometryczne i w dalszej kolejności badanie densytometryczne. Do pomiarów badani przystępowali w białym, zdejmowali zegarki oraz wszystkie metalowe przedmioty.



## Pomiary antropometryczne

Ocenę masy ciała i wzrost badanych wykonano przy użyciu wagi lekarskiej typu Charder MS 4900 ze wzrostomierzem. Przed pomiarem masy ciała każdorazowo wykonywano tarowanie wagi lekarskiej.

Zbrane dane obejmowały: wiek, płeć, masę i wysokość ciała oraz wartość BMI (ang. Body Mass Index) [kg/m<sup>2</sup>] i BSA (ang. Body Surface Area) [m<sup>2</sup>] wg wzoru Dubois'a

$$BSA = 0,007184 \times \text{wzrost [cm]}^{0,725} \times \text{masa ciała [kg]}^{0,425} \quad [21]$$

## Badanie densytometryczne

Badanie wykonywano z użyciem aparatu Lunar iDXA (GE Healthcare) z oprogramowaniem enCORE (LU43619PL) techniką dwuwiązkowej absorpcjometrii rentgenowskiej z rekonstrukcją obrazu (Ryc. 1 i 2). Pomiary zostały wykonane zgodnie ze standardowymi protokołami pozycjonowania i skanowania.

W każdym dniu przed rozpoczęciem badania przeprowadzono test kontroli jakości (QA) za pomocą bloku kalibracyjnego, który sprawdza funkcjonalność oraz dokładność densytometru.

Badanie densytometryczne obejmowało 3 pomiary: skanowanie całego ciała (total body), odcinka kręgosłupa lędźwiowego L1-L4 w projekcji P-A oraz nasady bliższej kości udowej prawej (P) i lewej (L).

Uzyskano wartości następujących parametrów: zawartości mineralnej (BMC) [g] i gęstości (BMD) [g/cm<sup>3</sup>] tkanki kostnej, a także wskaźników T-Score i Z-Score dla każdego miejsca pomiarowego.

**T-Score** to liczba odchyień standardowych między średnią wartością BMD badanego a średnią wartością BMD osób zdrowych z grupy kontrolnej tej samej płci, rasy, w wieku szczytowej masy kostnej (20-29 lat).

**Z-Score** jest liczbą odchyień standardowych między średnią wartością BMD pacjenta a średnią wartością BMD osób z grupy referencyjnej w tym samym wieku, tej samej płci i rasy.

Oceniane parametry poddano analizie wybranymi metodami statystyki opisowej (średnia, mediana, odchylenie standardowe, wartość minimalna i wartość maksymalna) oraz testów: Shapiro-Wilka i Manna-Whitneya. Korelację analizowano za pomocą współczynnika korelacji Spearmana.

Sitę zależności interpretowano według następującego schematu:

- $|r| \geq 0,9$  – zależność bardzo silna,
- $0,7 \leq |r| < 0,9$  – zależność silna,
- $0,5 \leq |r| < 0,7$  – zależność średnio silna,
- $0,3 \leq |r| < 0,5$  – zależność słaba,
- $|r| < 0,3$  – zależność bardzo słaba (pomijalna) [22].

Analizę statystyczną wykonano w programie STATISTICA v. 13.3. StatSoft Polska (2020).

## Wyniki

Po wykonaniu pomiarów antropometrycznych uzyskano następujące wyniki, które przedstawiono w tabelach 1, 2 i 3.

**Tabela 1** Charakterystyka badanych grup z podziałem na osoby aktywne (grupa 1) i nieaktywne fizycznie (grupa 2)

	Ogółem	$\bar{x}$	Me	Min	Max	SD
Wiek [lata]	grupa 1	21,6	21	20	26	1,462
	grupa 2	21,9	21	20	29	1,918
Wzrost [cm]	grupa 1	172,9	172,5	158,0	188,0	9,362
	grupa 2	172,4	172,0	158,0	184,0	7,016
Masa ciała [kg]	grupa 1	61,1	60,0	45,0	85,0	11,245
	grupa 2	72,9	71,0	54,0	95,0	9,671
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	grupa 1	20,3	20,5	16,7	25,1	2,181
	grupa 2	24,5	24,8	16,4	31,20	2,941
BSA [kg/m <sup>2</sup> ]	grupa 1	1,76	1,69	1,42	2,11	0,204
	grupa 2	1,86	1,86	1,59	2,17	0,136

Źródło: Opracowanie własne.

**Tabela 2** Charakterystyka grupy mężczyzn z podziałem na aktywnych (1 M) i nieaktywnych (2 M)

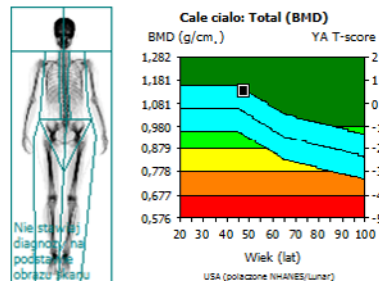
	Mężczyźni	$\bar{x}$	Me	Min	Max	SD
Wiek [lata]	aktywni (1 M)	20,9	21	20	24	0,928
	nieaktywni (2 M)	21,6	21	20	27	1,887
Wzrost [cm]	aktywni (1 M)	182,6	184,0	170,0	188,0	4,902
	nieaktywni (2 M)	177,1	176,0	164,0	184,0	5,432
Masa ciała [kg]	aktywni (1 M)	73,1	75,0	60,0	85,0	7,884
	nieaktywni (2 M)	77,4	77,0	55,0	95,0	9,253
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	aktywni (1 M)	21,9	22,5	17,7	25,1	2,291
	nieaktywni (2 M)	24,7	25,7	16,4	28,4	2,937
BSA [kg/m <sup>2</sup> ]	aktywni (1 M)	1,94	1,95	1,69	2,11	0,108
	nieaktywni (2 M)	1,94	1,94	1,72	2,17	0,116

Źródło: Opracowanie własne.



**Ryc. 1** Urządzenie Lunar iDXA (GE Healthcare) Uniwersytetu Rzeszowskiego

Źródło: Archiwum własne.



**Ryc. 2** Przykładowy wynik badania DXA

Źródło: Archiwum własne.

Region	BMD (g/cm <sup>3</sup> )	YA (%)	YA T-score	AM (%)	AM Z-score
Głowa	2,093	-	-	-	-
Ręce	0,868	-	-	-	-
Nogi	1,149	-	-	-	-
Tułów	0,919	-	-	-	-
Zębra	0,856	-	-	-	-
Kręgosłup	0,954	-	-	-	-
Miednica	0,950	-	-	-	-
Total	1,131	104	0,5	106	0,9

**Tabela 3** Charakterystyka grupy kobiet z podziałem na aktywne (1 K) i nieaktywne (2 K)

	Kobiety	$\bar{x}$	Me	Min	Max	SD
Wiek [lata]	aktywne (1 K)	21,5	21	20	26	1,907
	nieaktywne (2 K)	21,9	22	20	29	1,946
Wzrost [cm]	aktywne (1 K)	166,3	165,00	158,0	177,0	5,247
	nieaktywne (2 K)	167,8	168,50	158,0	180,0	5,090
Masa ciała [kg]	aktywne (1 K)	52,9	53,0	45,0	65,0	4,483
	nieaktywne (2 K)	68,5	68,0	54,0	88,0	7,999
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	aktywne (1 K)	19,15	19,9	17,00	22,00	1,258
	nieaktywne (2 K)	24,4	23,9	19,8	31,2	2,985
BSA [kg/m <sup>2</sup> ]	aktywne (1 K)	1,58	1,58	1,42	1,81	0,081
	nieaktywne (2 K)	1,77	1,78	1,59	1,98	0,099

Źródło: Opracowanie własne.

Po wykonaniu pomiarów densytometrycznych uzyskano wartości zawartości mineralnej (BMC), gęstości tkanki kostnej BMD oraz wskaźników T-Score i Z-Score: całego szkieletu odcinka L1-L4 kręgosłupa lędźwiowego i nasady bliższej obu kości udowych (nbku P i nbku L) w grupie aktywnych (1) i nieaktywnych (2).

Wartości zostały przedstawione w tabeli 4.

**Tabela 4** Zestawienie wartości BMD, BMC, wskaźników: T-Score i Z-Score całego szkieletu i odcinka L1-L4 kręgosłupa lędźwiowego oraz nasady bliższej obu kości udowych lewej i prawej (nbku L, nbku P) w obu grupach

Ogółem	Grupa aktywna (1)	Grupa nieaktywna (2)	Różnica (1-2)	P
BMD total	1,28	1,23	0,05	<b>0,000*</b>
BMC total	2829,9	2752,6	77,3	<b>0,000*</b>
T-Score total	1,42	1,04	0,38	0,264
Z-Score total	1,36	1,35	0,01	0,438
BMD L1-L4	1,27	1,26	0,01	0,830
BMC L1-L4	58,51	56,61	1,9	<b>0,013*</b>
T-Score L1-L4	0,56	0,48	0,08	0,641
Z-Score L1-L4	0,70	0,27	0,43	0,329
BMD nbku L	1,14	1,12	0,02	0,059
BMC nbku L	36,96	36,25	0,71	<b>0,000*</b>
T-Score nbku L	0,95	0,79	0,16	0,082
Z-Score nbku L	0,59	0,53	0,06	0,706
BMD nbku P	1,16	1,12	0,04	<b>0,037*</b>
BMC nbku P	37,15	37,09	0,06	<b>0,000*</b>
T-Score nbku P	0,99	0,83	0,16	0,055
Z-Score nbku P	0,63	0,56	0,07	0,599

Źródło: Opracowanie własne.

Analizując uzyskane wyniki, stwierdzono wyższe wartości wszystkich ocenianych parametrów w grupie aktywnych w porównaniu z grupą nieaktywnych fizycznie. Istotność statystyczną zanotowano dla różnicy BMD i BMC całego szkieletu i nasady bliższej kości udowej prawej oraz BMC odcinka L1-L4 kręgosłupa lędźwiowego i nasady bliższej kości udowej lewej.

Analogiczną analizę przeprowadzono osobno dla grupy mężczyzn i kobiet, co przedstawiono w tabelach 5 i 6.

Analizując uzyskane wyniki, stwierdzono wyższe wartości wszystkich ocenianych parametrów zarówno w grupie aktywnych mężczyzn i kobiet w porównaniu z grupami nieaktywnymi fizycznie. W grupie kobiet istotność statystyczną zanotowano dla różnicy BMD i BMC oraz T-Score całego szkieletu, a także dla Z-Score odcinka L1-L4 kręgosłupa lędźwiowego. W grupie mężczyzn różnice nie były istotne statystycznie.

**Tabela 5** Zestawienie wartości BMD, BMC, wskaźników: T-Score i Z-Score całego szkieletu i odcinka L1-L4 kręgosłupa lędźwiowego oraz nasady bliższej obu kości udowych lewej i prawej (nbku L, nbku P) w grupie aktywnych (1 M) i nieaktywnych fizycznie (2 M) mężczyzn

Mężczyźni	Grupa aktywna (1 M)	Grupa nieaktywna (2 M)	Różnica (1-2)	P
BMD total	1,32	0,99	0,33	0,141
BMC total	3147,9	3113,1	34,8	0,579
T-Score total	1,23	0,99	0,24	0,362
Z-Score total	1,23	1,09	0,14	0,501
BMD L1-L4	1,27	1,25	0,02	0,141
BMC L1-L4	64,06	59,92	4,14	0,61
T-Score L1-L4	0,51	0,39	0,12	0,684
Z-Score L1-L4	1,1	0,70	0,4	0,304
BMD nbku L	1,68	1,62	0,06	0,796
BMC nbku L	41,81	40,91	0,9	0,728
T-Score nbku L	1,58	1,38	0,2	0,888
Z-Score nbku L	0,49	0,41	0,08	0,923
BMD nbku P	1,15	1,17	0,02	0,706
BMC nbku P	42,17	40,95	1,22	0,751
T-Score nbku P	1,19	1,06	0,13	0,790
Z-Score nbku P	0,42	0,41	0,01	0,923

Źródło: Opracowanie własne.

**Tabela 6** Zestawienie wartości BMD, BMC, wskaźników: T-Score i Z-Score całego szkieletu i odcinka L1-L4 kręgosłupa lędźwiowego w grupie aktywnych (1 K) i nieaktywnych fizycznie (2 K) kobiet

Kobiety	Grupa aktywna (1 K)	Grupa nieaktywna (2 K)	Różnica (1-2)	P
BMD total	1,25	1,16	0,09	<b>0,000*</b>
BMC total	2546,7	2357,4	189,3	<b>0,004*</b>
T-Score total	1,6	1,09	0,51	<b>0,007*</b>
Z-Score total	1,61	1,46	0,14	0,520
BMD L1-L4	1,28	1,27	0,01	0,853
BMC L1-L4	53,29	52,96	0,33	0,959
T-Score L1-L4	0,64	0,58	0,06	0,994
Z-Score L1-L4	1,01	0,48	0,53	<b>0,029*</b>
BMD ku L	1,11	1,10	0,01	0,086
BMC ku L	33,0	30,68	2,32	0,059
T-Score ku L	0,74	0,44	0,3	0,121
Z-Score ku L	0,69	0,65	0,04	0,784
BMD ku P	1,12	1,08	0,04	0,163
BMC ku P	33,24	31,89	1,35	0,160
T-Score ku P	0,79	0,60	0,19	0,149
Z-Score ku P	0,84	0,70	0,14	0,348

Źródło: Opracowanie własne.

Następnie obliczono współczynniki korelacji pomiędzy: indeksem masy ciała (BMI) i wskaźnikiem powierzchni ciała (BSA) a wartością gęstości tkanki kostnej całego szkieletu (BMD total) w grupie osób aktywnych (1) i w grupie nieaktywnych fizycznie (2). Wyniki zestawiono w tabeli 7.

Analizując zależność: pomiędzy indeksem masy ciała (BMI) i gęstością tkanki kostnej całego szkieletu (BMD total) oraz pomiędzy wskaźnikiem powierzchni ciała (BSA) i gęstością tkanki kostnej całego szkieletu (BMD total) stwierdzono w obu grupach istotne statystycznie dodatnie współzależności – wzrostowi



**Tabela 7** Korelacje pomiędzy BMI i BMD total (całego szkieletu) oraz BSA i BMD total (całego szkieletu) w grupie aktywnych (1) i nieaktywnych (2) fizycznie

Para zmiennych OGÓLNE	Korelacja porządku rang Spearmana Oznaczone wsp. korelacji są istotne z $p < 0,05$			Różnica korelacji
	R Spearman	t(N-2)	p	
BMI 2 vs Total BMD 2	0,4504	2,9417	<b>0,006*</b>	<b>p = 0,005*</b>
BMI 1 vs Total BMD 1	0,7754	7,1605	<b>0,000*</b>	
BSA 2 vs Total BMD 2	0,6549	5,0528	<b>0,000*</b>	<b>p = 0,927</b>
BSA 1 vs Total BMD 1	0,6414	4,8747	<b>0,000*</b>	

Źródło: Opracowanie własne.

**Tabela 8** Korelacje pomiędzy BMI i BMD total (całego szkieletu) oraz BSA i BMD total (całego szkieletu) w grupie mężczyzn: nieaktywnych (2 M) i aktywnych (1 M)

Para zmiennych MĘŻCZYŹNI	Korelacja porządku rang Spearmana Oznaczone wsp. korelacji są istotne z $p < 0,05$			Różnica korelacji
	R Spearman	t(N-2)	p	
BMI 2 M vs Total BMD 2 M	0,5025	3,0752	<b>0,005*</b>	<b>p = 0,038*</b>
BMI 1 M vs Total BMD 1 M	0,8108	7,3294	<b>0,000*</b>	
BSA 2 M vs Total BMD 2 M	0,5411	3,4046	<b>0,002*</b>	<b>p = 0,45</b>
BSA 1 M vs Total BMD 1 M	0,6703	4,7799	<b>0,000*</b>	

Źródło: Opracowanie własne.

**Tabela 9** Korelacje pomiędzy BMI i BMD total (całego szkieletu) oraz BSA i BMD total (całego szkieletu) w grupie nieaktywnych (2 K) i aktywnych (1 K) kobiet

Para zmiennych KOBIECY	Korelacja porządku rang Spearmana Oznaczone wsp. korelacji są istotne z $p < 0,05$			Różnica korelacji
	R Spearman	t(N-2)	p	
BMI 2 K vs Total BMD 2 K	-0,2943	-1,6297	0,1144	<b>p = 0,465</b>
BMI 1 K vs Total BMD 1 K	-0,1027	-0,5464	0,5891	
BSA 2 K vs Total BMD 2 K	0,1147	0,6112	0,5460	<b>p = 0,970</b>
BSA 1 K vs Total BMD 1 K	-0,1168	-0,6222	0,5389	

Źródło: Opracowanie własne.

BMI i BSA towarzyszy wzrost gęstości tkanki kostnej całego szkieletu. Istotność statystyczną dla różnicy współczynników korelacji pomiędzy obiema grupami uzyskano tylko dla korelacji BMI i BMD.

Analogiczną analizę przeprowadzono osobno dla grupy mężczyzn i kobiet. Wyniki zestawiono w tabelach 8 i 9.

Analizując uzyskane wyniki w obu grupach mężczyzn, stwierdzono istotne statystycznie dodatnie współzależności – wzrostowi BMI i BSA towarzyszy wzrost gęstości tkanki kostnej całego szkieletu, przy czym wyższe współczynniki korelacji zaobserwowano w grupie aktywnych mężczyzn. Istotność statystyczną odnotowano tylko dla różnicy współczynników korelacji BMI i BMD całego szkieletu.

W grupie kobiet stwierdzono nieistotne statystycznie słabe korelacje. W grupie kobiet nieaktywnych odnotowano dodatnią współzależność – wzrostowi BSA towarzyszy wzrost BMD całego szkieletu w grupie nieaktywnej i ujemną współzależność – wzrostowi BSA towarzyszy spadek BMD total. Natomiast w grupie kobiet aktywnych stwierdzono jedynie ujemne słabe współzależności pomiędzy BMI i BSA a BMD całego szkieletu.

Aktywność fizyczna w dzisiejszych czasach jest ograniczona. Wpływa na to zmiana trybu życia i pracy. Postęp techniczny sprawił, że coraz częściej siłę ludzkich mięśni zastępuje maszyna. Jednocześnie uważa się, że nawet niewielka aktywność fizyczna pozytywnie wpływa na zdrowie [23].

Dlatego w pracy własnej porównano oceniane parametry uzyskane w grupie osób deklarujących systematyczne ćwiczenia fizyczne (3,5-4 godzin w tygodniu od 1 do 1,5 roku), ale na poziomie rekreacyjnym w porównaniu z grupą osób, których aktywność fizyczna ogranicza się tylko do czynności dnia codziennego związanych z pracą i obowiązkami domowymi.

Analizując otrzymane wartości w obu grupach bez podziału na płeć, stwierdzono istotne statystycznie różnice dla pomiarów BMD całego szkieletu i nasady bliższej kości udowej prawej oraz BMC całego szkieletu, odcinka L1-L4 kręgosłupa lędźwiowego oraz nasady bliższej obu kości udowych.

W grupie mężczyzn stwierdzono wyższe wartości ocenianych parametrów u osób aktywnych fizycznie w porównaniu z osobami nieaktywnymi, ale nie odnotowano żadnej istotności statystycznej.

W grupie kobiet uzyskano istotnie statystyczną różnicę dla wartości BMD, BMC i T-Score dla całego szkieletu oraz Z-Score odcinka L1-L4 kręgosłupa lędźwiowego.

Analizując korelację między BMI a BMD oraz BSA a BMD całego szkieletu, stwierdzono istotnie statystycznie dodatnie korelacje w obu grupach bez podziału na płeć oraz w grupie mężczyzn. Istotność statystyczną wykazano dla różnicy współczynników korelacji pomiędzy grupami dla korelacji BMI i BMD total.

Natomiast w obu grupach kobiet stwierdzono nieistotne statystycznie słabe korelacje. W grupie kobiet nieaktywnych odnotowano jedną dodatnią współzależność – wzrostowi BSA towarzyszy wzrost BMD całego szkieletu oraz jedną ujemną współzależność – wzrostowi BSA towarzyszy spadek BMD total. Natomiast w grupie kobiet aktywnych obie współzależności (BMI i BMD całego szkieletu oraz BSA i BMD całego szkieletu) były słabo ujemne.

W dostępnych publikacjach nie znaleziono badań z zakresu porównania BMD i BMC u osób aktywnych i nieaktywnych fizycznie w przyjętych przez autorki kryteriach. Do tej pory badacze koncentrowali się na porównaniu gęstości kości u trenujących intensywnie i systematycznie sportowców z osobami nieuprawiającymi żadnej aktywności fizycznej.

Calbet i wsp. (2001) porównali BMD i BMC 33 mężczyzn, którzy intensywnie przez 12 lat trenowali piłkę nożną z osobami nieaktywnymi z tej samej populacji. Mężczyźni byli w porównywalnym wieku, wadze i wzroście ( $24 \pm 3$  lata,  $73 \pm 7$  kg vs.  $72 \pm 11$  kg  $176 \pm 5$  cm vs.  $176 \pm 8$  cm). Badania wykazały o 13% większe BMC całego ciała ( $P < 0,001$ ) u piłkarzy nożnych w stosunku do grupy kontrolnej. Także BMC i BMD kręgosłupa lędźwiowego (L1-L4) i nasady bliższej obu kości udowych były wyższe u sportowców w porównaniu z osobami z grupy niećwiczącej (BMC L – 13%,



n.b.k.u. – 24%, BMD L – 10%, n.b.k.u – 21 %,  $p < 0,05$ ). Autorzy stwierdzili, że długotrwałe treningi w piłce nożnej wiążą się ze znacznie zwiększonym BMC i BMD nasady bliższej kości udowej i odcinka lędźwiowego kręgosłupa [24].

Trzy badania porównujące zawartość mineralną kości BMC u piłkarzy nożnych i osób niećwiczących przeprowadził Zoucha i wsp. W pierwszym (2008) przebadano młodych zawodników ( $n = 39$ ) (w wieku  $11,7 \pm 0,8$  lat) podzielonych na dwie grupy według czasu trwania treningu (2 i 4 godziny tygodniowo) oraz osób z grupy kontrolnej ( $n = 13$ ) (w wieku  $10,7 \pm 0,6$  lat). Po 10 miesiącach treningu zanotowano wzrost BMC piłkarzy w całym biodrze ( $+10,7\%$ ,  $P < 0,05$ ) i kręgosłupie lędźwiowym ( $+10,5\%$ ,  $P < 0,05$ ), przy czym większy przyrost BMC stwierdzono u sportowców trenujących dłużej (przez 4 godziny tygodniowo). Niemniej jednak roczny przyrost BMC był większy u wszystkich piłkarzy nożnych niż u osób z grupy kontrolnej [25].

W kolejnym badaniu przeprowadzonym przez Zoucha i wsp. (2014) przebadano 76 chłopców (w wieku 10-13 lat), oceniając roczny wpływ uprawianej dyscypliny na zawartość mineralną tkanki kostnej. W badaniu wykazano większy wzrost BMC w całym ciele, biodrze, kręgosłupie i kończynach dolnych u graczy w porównaniu z grupą kontrolną – niećwiczącą [26]. Różnice pomiędzy grupami były istotne statystycznie.

Ostatnie badanie Zoucha i wsp. (2015) przeprowadzone z udziałem młodych chłopców ( $n = 65$ ) (w wieku 10-13 lat) po 3 latach treningu piłkarskiego potwierdziło dotychczasowe wyniki. U piłkarzy nożnych nastąpił znaczny wzrost BMC (całego ciała  $16,5\% \pm 1,4\%$  vs.  $11,8\% \pm 1,5\%$ ;  $p < 0,05$ ), (kręgosłupa L  $31,2\% \pm 2,9\%$  vs.  $23,9\% \pm 2,1\%$ ;  $p < 0,05$ ), (szyjki kości udowej  $24,1\% \pm 1,8\%$  vs.  $11,4\%$ ) i BMD (kręgosłupa L  $62,5\% \pm 20,1\%$  vs.  $39,5\% \pm 20,1\%$ ;  $p < 0,001$ ), (szyjki kości udowej  $37,7\% \pm 14,2\%$  vs.  $28,9\% \pm 12,8\%$ ;  $p < 0,05$ ) w porównaniu z grupą kontrolną – osób niećwiczących [27].

Agostinete i wsp. (2016) zbadali wpływ dziewięciomiesięcznego treningu sportowego na gęstość tkanki kostnej u chłopców ( $n = 82$ ), ale uprawiających różne dyscypliny sportowe (koszykówkę, karate, piłkę nożną, pływanie) z grupą kontrolną niećwiczącą. Po 9 miesiącach obserwacji wykazano wzrost BMD całego ciała u wszystkich grup (także w kontrolnej) o 4,5. Największą istotną statystycznie różnicę odnotowano w grupie zawodników uprawiających koszykówkę w porównaniu do grupy kontrolnej [28].

W literaturze dostępne są badania oceniające różnice gęstości tkanki kostnej sportowców i osób nieaktywnych przeprowadzone także w grupie kobiet.

Soderman i wsp. (2000) porównali BMD piętarek nożnych ( $n = 51$ , w wieku  $16,3 \pm 0,3$  lat) z grupą nieaktywnych dziewcząt ( $n = 41$ , w wieku  $16,2 \pm 1,3$  lat). Zawodniczki miały wyższe BMD całego ciała (2,7%) i odcinka kręgosłupa L1-L4 (6,1%) w stosunku do nieaktywnych dziewcząt, ale autorzy publikacji nie określili istotności statystycznej [29].

Egan i wsp. (2006) porównali BMD młodych zawodniczek ( $n = 30$ ) (w wieku  $21,4 \pm 1,9$  lat, wzrost:  $1,67 \pm 0,05$  m, masa: 73,3

$\pm 10,7$  kg) różnych dyscyplin sportowych: rugby, biegów długodystansowych i siatkówki z kobietami nieaktywnymi – grupą kontrolną. Wszystkie kobiety z grup sportowych miały wyższe wartości BMD niż grupa kontrolna [30].

Podobne badanie przeprowadzili Ubago-Guisado i wsp. (2015), w którym udział wzięły młode zawodniczki ( $n = 200$ ) (w wieku  $10,6 \pm 1,5$  lat) także uprawiające różne dyscypliny sportowe (m.in. pływanie, piłkę nożną, koszykówkę, piłkę ręczną). Odnotowano zwiększone BMC szyjki kości udowej oraz BMD obszaru międzykrętarzowego w porównaniu z grupą kontrolną ( $p < 0,05$ ) [31].

Plaşa-Carmona i wsp. (2016) w badaniu piętarek nożnych ( $n = 65$ ) (w wieku 8-14 lat) wykazali wyższe wartości BMC w całym ciele, krętarzu i trójkącie Warda. Gęstość mineralna kości (BMD) była wyższa u zawodniczek w porównaniu z ich nieaktywnymi rówieśniczkami w szyjce kości udowej i okolicy międzykrętarzowej ( $p < 0,05$ ) [32].

Z metaanalizy 27 badań dotyczących wpływu treningu piłkarskiego na kości u dzieci i młodzieży płci męskiej i żeńskiej przeprowadzonej przez Lozano-Berges i wsp. (2018) wynika, że ten sport wpływa na zwiększenie gęstości kości u zawodników w stosunku do osób niećwiczących, szczególnie w miejscach obciążonych, takich jak: kręgosłup lędźwiowy, biodro, szyja kości udowej, krętarz i obszar międzykrętarzowy [33].

Dotychczasowe badania porównują BMC i BMD czynnych sportowców z osobami nieaktywnymi. Wynika z nich, że u sportowców parametry te mają większe wartości w porównaniu z grupą niećwiczącą. Są one uzależnione od długości treningu, intensywności i rodzaju sportu. Najbardziej obciążone obszary ciała mają wyższe wartości BMD i BMC.

W niniejszej pracy oceniono różnice pomiędzy osobami aktywnymi fizycznie, ale nie uprawiającymi żadnej dyscypliny sportowej w porównaniu z osobami nieaktywnymi. Uzyskane wyniki wykazały wyższy poziom zawartości mineralnej i gęstości tkanki kostnej u osób aktywnych w porównaniu do osób nieaktywnych, chociaż różnice te nie były tak znaczące, jak w przypadku osób uprawiających sport wyczynowo.

## Wnioski

Uzyskane w prezentowanej pracy wyniki wskazują, że nawet niewielki, regularny wysiłek na poziomie rekreacyjnym wpływa na zwiększenie gęstości kości.

## Piśmiennictwo

1. H. Horst-Sikorska: *Profilaktyka osteoporozy*, Medycyna po Dyplomie, 5, 2004, 54-57.
2. G. Vicente-Rodriguez, J. Jimenez-Ramirez, I. Ara, et al.: *Enhanced bone mass and physical fitness in prepubescent footballers*, Bone, 33(5), 2003, 853-859.
3. C. Berger, D. Goltzman, L. Langsetmo, L. Joseph, et al.: *Peak bone mass from longitudinal data: implications for the prevalence*,



- pathophysiology, and diagnosis of osteoporosis*, J Bone Miner Res, 25(9), 2010, 1948-1957.
4. B. Iwańczak, E. Krzesiek, F. Iwańczak: *Osteoporoza i osteopenia u dzieci i młodzieży – przyczyny, diagnostyka i leczenie*, Adv Clin Exp Med, 13(1), 2004, 177-184.
  5. S.J. Whiting, H. Vatanparast, A. Baxter-Jones, et. al.: *Factors that affect bone mineral accrual in the adolescent growth spurt*, J Nutr, 134(3), 2004, 696-700.
  6. T. Kato: *Effect of Exercise and Sports Activity on Bone Health During the Period of Adolescence to Young Adulthood*, Clin Calcium, 27(1), 2017, 101-106.
  7. M. Rąbiejewski: *Czynniki ryzyka osteoporozy, ze szczególnym uwzględnieniem prawidłowego rozwoju i metabolizmu tkanki kostnej*, Forum Zakazań, 8(5), 2017, 77-82.
  8. R. Jode, A.K. Stunes, J. Kubiak, et al.: *Smoking and other determinants of bone turnover*, Plos One, 14(11), 2019, 1-16.
  9. A.M. Al-Bashaired, G. Haddad, M. Weaver, X. Chengguo, et al.: *The effect of tobacco smoking on bone mass: an overview of pathophysiological mechanisms*, Journal of Osteoporosis, 1206235, 2018.
  10. K. Laitinen, M. Valimaki: *Bone and the „Comforts of life“*, Ann Med, 25(4), 1993, 413-425.
  11. P. Malik, R.W. Gasser, G. Kemmler, et al.: *Low bone mineral density and impaired bone metabolism in young alcoholic Patients without liver cirrhosis: a cross-sectional study*, Alcohol Clin Exp Res, 33(2), 2009, 375-381.
  12. K.T. Bohrer: *Physical Activity in the prevention and amelioration of Osteoporosis in Women. Interaction of Mechanical, Hormonal and Dietary factors*, Am J Sports Med, 35, 2005, 779.
  13. O. Valdimarsson, J.O. Kristinsson, S.O. Stefansson, A. Valdimarsson, et al.: *Lean mass and physical activity as predictors of bone mineral Density in 16-20 year old women*, J Inter Med, 245(5), 1999, 489-496.
  14. Wytyczne UE dotyczące aktywności fizycznej Bruksela 2008 [dostęp: 01.03.2021].
  15. R.M. Malina, C. Bouchard, O. Bar-Or: *Growth, maturation and physical activity*, Champaign: Human Kinetics, 300, 2004.
  16. W. Osiński: *Antropomotoryka*, AWF Poznań, 2, 2003, 320.
  17. E.T. Howley, B.D. Franks: *Health Fitness Instructors*, Handbook: Champaign, Ill, Human Kinetics, 1997.
  18. I. Kietbasiewicz-Drozdowska: *Osobowościowe i społeczne uwarunkowania rekreacji*, [w:] W. Siwiński [red.], *Teoria i metodyka rekreacji (zagadnienia podstawowe)*, AWF Poznań, 2001, 53.
  19. B. Lewandowski, K. Kita, J. Kita i wsp.: *Osteoporoza – część 2. Badanie gęstości mineralnej kości oraz badania obrazowe w diagnostyce osteoporozy*, Nowa Medycyna – Osteoporoza, 3, 2004, 124-131.
  20. H.K. Genant, C. Cooper, G. Poor, et al.: *Interim report and recommendations of the World Health Organization Task-Force for Osteoporosis*, Osteoporos Int, 10(4), 1999, 259-264.
  21. D. DuBois, D.F. DuBois: *A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known*, Arch Int Med, 17, 1916, 863-871.
  22. D.E. Hinkle, W. Wiersma, S.G. Jurs: *Applied Statistics for the Behavioral Sciences*, 5th ed. Boston, Houghton Mifflin, 2003.
  23. A. Gómez-Cabello, I. Ara, A. González-Agüero, J.A. Casajús, et al.: *Effects of training on bone mass in older adults: a systematic review*, Sports Med, 42(4), 2012, 301-325.
  24. J.A. Calbet, C. Dorado, P. Díaz-Herrera, L.P. Rodríguez-Rodríguez: *High femoral bone mineral content and density in male football (soccer) players*, Med Sci Sports Exerc, 33(10), 2001, 1682-1687.
  25. M. Zouch, C. Jaffré, T. Thomas, et al.: *Long-term soccer practice increases bone mineral content gain in prepubescent boy*, Joint Bone Spine, 75(1), 2008, 41-49.
  26. M. Zouch, L. Vico, D. Frere, Z. Tabka, et al.: *Young male soccer players exhibit additional bone mineral acquisition during the peripubertal period: 1-year longitudinal study*, Eur J Pediatr, 173(1), 2014, 53-61.
  27. M. Zouch, A. Zribi, C. Alexandre, et al.: *Soccer increases bone mass in prepubescent boys during growth: a 3-yr longitudinal study*, J Clin Densitom, 18(2), 2015, 179-186.
  28. R.R. Agostinete, K.R. Lynch, L.A. Gobbo, et al.: *Basketball Affects Bone Mineral Density Accrual in Boys More Than Swimming and Other Impact Sports: 9-mo Follow-Up*, J Clin Densitom, 19(3), 2016, 375-381.
  29. K. Söderman, E. Bergström, R. Lorentzon, H. Alfredson: *Bone mass and muscle strength in young female soccer players*, Calcif Tissue Int, 67(4), 2000, 297-303.
  30. E. Egan, T. Reilly, M. Giacomoni, L. Redmond, et al.: *Bone mineral density among female sports participants*, Bone, 38(2), 2006, 227-233.
  31. E. Ubago-Guisado, A. Gomez-Cabello, J. Sanchez-Sanchez, J. Garcia-Unanue, et al.: *Influence of different sports on bone mass in growing girls*, J Sports Sci, 33(16), 2015, 1-9.
  32. M. Plaza-Carmona, G. Vicente-Rodríguez, A. Gómez-Cabello, et al.: *Higher bone mass in prepubertal and peripubertal female footballer*, Eur J Sport Sci, 16(7), 2016, 877-883.
  33. G. Lozano-Berges, A. Matute-Llorente, A. González-Agüero, et al.: *Soccer helps build strong bones during growth: a systematic review and meta-analysis*, Eur J Pediatr, 177(3), 2018, 295-310.