© Pediatr Med Rodz 2017, 13 (4), p. 514–526
DOI: 10.15557/PiMR.2017.0055

Received: 15.05.2017
Accepted: 23.08.2017
Published: 29.12.2017

Anna Łupińska, Danuta Chlebna-Sokół

Wybrane czynniki wpływające na masę kostną uczniów łódzkich szkół w wieku 7–10 lat z rozpoznaną otyłością

Selected factors affecting bone mass in students with diagnosed obesity, aged 7–10 years, from Łódź

Klinika Propedeutyki Pediatrii i Chorób Metabolicznych Kości, I Katedra Pediatrii, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Łódź, Polska
Adres do korespondencji: Dr n. med. Anna Łupińska, Klinika Propedeutyki Pediatrii i Chorób Metabolicznych Kości, ul. Sporna 36/50, 91-738 Łódź, tel./faks: +48 42 617 77 15, e-mail: anna.lupinska@umed.lodz.pl

Department of Paediatric Propedeutics and Bone Metabolic Diseases, Medical University of Lodz, Łódź, Poland
Correspondence: Anna Łupińska, MD, PhD, Department of Paediatric Propedeutics and Bone Metabolic Diseases, Sporna 36/50, 91-738 Łódź, tel./fax: +48 42 617 77 15, e-mail: anna.lupinska@umed.lodz.pl

Streszczenie

Wstęp: Otyłość, wbrew powszechnej opinii o jej ochronnym działaniu na tkankę kostną, może stanowić czynnik ryzyka zaburzeń mineralizacji i struktury kości. **Cel pracy:** Celem pracy była ocena zależności między wybranymi czynnikami ryzyka i wskaźnikami otyłości a masą kostną dzieci otyłych. **Materiał i metody:** Badaniami objęto 80 dzieci w wieku 7–10 lat z nadmierną masą ciała (60 z otyłością, 20 z nadwagą); grupę porównawczą stanowiło 37 dzieci z masą ciała odpowiednią do wysokości. U wszystkich pacjentów przeprowadzono badanie lekarskie z pomiarami antropometrycznymi, rodzice badanych dzieci wypełniali kwestionariusz ankietowy. Średnie dobowe spożycie wybranych składników odżywczych analizowano, wykorzystując program komputerowy Dieta 2. U każdego dziecka oceniono masę kostną metodą densytometryczną (badanie densytometryczne metodą absorpcjometrii podwójnej energii promieniowania X – DXA). **Wyniki:** Dzieci z nadwagą i otyłością cechowały się istotnie statystycznie wyższymi wartościami *BMD Total Body* i *BMD Total Body Z-score* w odniesieniu do grupy porównawczej. Większość parametrów DXA (poza objętościową – wolumetryczną – gęstością mineralną kości) pozostawała w dodatniej korelacji z masą ciała, wysokością, obwodem talii. Zaobserwowano istotną dodatnią korelację między aktywnością fizyczną a *BMD Total Body*. Średnie dzienne spożycie białka, węglowodanów, magnezu i fosforu przez dzieci otyłe korelowało ujemnie ($p < 0{,}05$) z większością parametrów DXA. **Wnioski:** Na stan masy kostnej dzieci otyłych korzystny wpływ wywierają cechy somatyczne (masa ciała, wysokość, obwód talii i skład ciała) oraz aktywność fizyczna, natomiast nadmierne spożycie białka, węglowodanów, fosforu i magnezu oddziałuje na nią negatywnie. Wyliczona objętościowa (wolumetryczna) gęstość mineralna kości może odzwierciedlać rzeczywistą gęstość mineralną kości i zapobiegać przeszacowaniu wyniku pomiaru DXA u dzieci otyłych.

Słowa kluczowe: gęstość mineralna kości, dzieci, nadwaga, otyłość

Abstract

Introduction: Obesity may be a risk factor for mineralisation and bone structure disorders, contrary to a common belief in its protective effects on bone tissue. **Aim:** The aim of the study was to assess the relationship between selected risk factors and obesity indicators and bone mass in obese children. **Material and methods:** The study included 80 children aged between 7 and 10 years with excessive body weight (60 obese and 20 overweight); the reference group included 37 children with body weight appropriate for height. All patients underwent physical examination with anthropometric measurements. Parents were asked to complete a questionnaire. The average daily intake of selected nutrients was analysed using Dieta 2 software package. Densitometry (dual-energy X-ray absorptiometry, DXA) was performed in all children to evaluate bone mass. **Results:** Obese and overweight children had statistically significantly higher total body BMD and total body BMD Z-score compared to control group. Most DXA parameters (except from volumetric bone mineral density) were positively correlated with body weight, height and waist circumference. A significant positive correlation was found between physical activity and total body BMD. There was a negative correlation between the average daily intake of proteins, carbohydrates, magnesium and phosphorus in obese children and most DXA parameters ($p < 0.05$). **Conclusions:** Bone mass in obese children is positively affected by somatic features (body weight, height, waist circumference and body composition) and physical activity, and negatively affected by increased intake of proteins, carbohydrates, phosphorus and magnesium. The calculated volumetric mineral bone density may reflect the actual bone mineral density and prevent DXA overestimation in obese children.

Keywords: bone mineral density, children, overweight, obesity

© Medical Communications Sp. z o.o. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives License (CC BY-NC-ND). Reproduction is permitted for personal, educational, non-commercial use, provided that the original article is in whole, unmodified, and properly cited.

WSTĘP

Otyłość stanowi jeden z najważniejszych problemów medycznych i społecznych – również w populacji wieku rozwojowego. W ostatnich latach obserwuje się wzrost częstości nadwagi i otyłości wśród dzieci[1,2]. W 2010 roku nadmierna masa ciała występowała u 43 milionów dzieci na świecie, co oznacza intensywnie narastającą częstość zaburzeń odżywiania – z 4,2% w 1990 roku do 6,7%. Zgodnie z danymi International Obesity Task Force (IOTF) w Europie u 16–22% dzieci w wieku 7–11 lat stwierdza się nadmierną masę ciała, z czego u 4–6% otyłość. W piśmiennictwie zwraca się uwagę na fakt, że mimo powszechnej opinii o ochronnym działaniu otyłości na tkankę kostną może ona stanowić czynnik ryzyka zaburzeń mineralizacji i struktury kości. Niska aktywność fizyczna, niezbilansowana wysokoenergetyczna dieta z małą zawartością wapnia oraz częstsze występowanie niedoboru witaminy D wśród pacjentów z otyłością mogą stanowić jednocześnie czynniki ryzyka nadmiernej masy ciała oraz niskiej masy kostnej. Z drugiej jednak strony należy pamiętać, że nadmierna masa ciała stanowi grawitacyjne obciążenie tkanki kostnej, co stymuluje kościotworzenie. Korzystny wpływ na masę kostną mogą również wywierać estrogeny powstające w tkance tłuszczowej z aromatyzacji androgenów[3]. Wszystkie te mechanizmy wskazują na złożoność procesów warunkujących zależność między tkanką tłuszczową i kostną. W związku z licznymi powikłaniami, jakimi skutkuje występowanie w wieku rozwojowym nadmiernej masy ciała, jak również zaburzeń mineralizacji kości, zasadne wydaje się analizowanie powiązań pomiędzy tymi nieprawidłowościami. Badania oceniające zależność pomiędzy nadmierną masą ciała a metabolizmem i strukturą tkanki kostnej w populacji wieku rozwojowego są nieliczne, a uzyskane wyniki niejednoznaczne, gdyż część z nich wykazuje korzystny wpływ otyłości na gęstość mineralną kości[4,5], część – korelację negatywną[6], a w niektórych badaniach nie wykazano żadnej zależności[3].
Celem niniejszej pracy była ocena udziału wybranych czynników ryzyka i wskaźników otyłości w kształtowaniu się masy kostnej dzieci otyłych.

MATERIAŁ I METODY

Badanie przeprowadzono wśród 100 dzieci w wieku 7–10 lat, uczęszczających do szkół podstawowych w Łodzi, u których na podstawie badania przesiewowego rozpoznano otyłość. Do końcowej analizy wyników badania zakwalifikowanych zostało 80 pacjentów z nadmierną masą ciała, w tym 60 dzieci z otyłością i 20 z rozpoznaną nadwagą. Grupę porównawczą stanowiło 37 dzieci w wieku 7–10 lat z masą ciała odpowiednią do wysokości. Z badania wyłączono dzieci, u których stwierdzono wtórne przyczyny otyłości, choroby powodujące obniżenie masy kostnej oraz dzieci przyjmujące przewlekle leki wpływające na zwiększenie masy ciała lub zaburzające gospodarkę wapniowo-fosforanową.

INTRODUCTION

Obesity is one of the most important medical and social problems, which also affects the developmental age population. Overweight and obesity have become more common among children in recent years[1,2]. In 2010, 43 million children worldwide were estimated to be overweight or obese, which indicates a rapid increase in the incidence of eating disorders – from 4.2% in 1990 to 6.7%. According to the International Obesity Task Force (IOTF), 16–22% of European children aged between 7 and 11 years are considered overweight or obese, including 4–6% of the latter. Literature points to the fact that despite a common belief in the protective effect of obesity on bone tissue, excessive body weight may be a risk factor for impaired bone mineralisation and structure. Poor physical activity, imbalanced high calorie diet low in calcium as well as increased vitamin D deficiency among patients with obesity may be risk factors for excessive body weight and low bone mass. It should be noted, on the other hand, that excessive body weight acts as a gravitational load for the osseous tissue, thus stimulating bone formation. Estrogens synthesised in adipose tissue by aromatisation of androgens may also have positive effects on bone mass[3]. All these mechanisms indicate the complexity of processes underlying the relationship between adipose and bone tissue. In the light of multiple complications of overweight or obesity at developmental age, as well as impaired bone mineralisation, it seems reasonable to analyse the relationships between these two anomalies. Studies assessing the relationship between excess body weight and bone tissue structure in the developmental age population are sparse, and the obtained results are ambiguous, with some of them indicating positive effects of obesity on bone mineral density[4,5], and other suggesting a negative[6] or no correlation[3]. The aim of the study was to evaluate the role of selected risk factors and obesity indicators in bone mass formation among obese children.

MATERIAL AND METHODS

The study enrolled 100 children aged between 7 and 10 years, who attended primary schools in Łódź and who were diagnosed with obesity based on screening. A total of 80 patients were qualified for final analysis, including 60 obese and 20 overweight children. The control group included 37 children aged between 7 and 10 years with body weight appropriate for height. Children with secondary causes of obesity or bone mass reducing diseases as well as children receiving chronic pharmacotherapy inducing increased body weight or calcium-phosphate imbalance were excluded from the study. The study was approved by the Bioethics Committee at the Medical University of Lodz (RNN/26/11/KE). Parental consent was obtained for participants.
All patients underwent **medical examination**, including the assessment of the degree of pubertal development

PEDIATR MED RODZ Vol. 13 No. 4, p. 514–526 DOI: 10.15557/PiMR.2017.0055

Na realizację badania uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym w Łodzi (RNN/26/11/KE). Rodzice pacjentów wyrazili pisemną zgodę na udział dzieci w badaniu.

U wszystkich badanych przeprowadzono dokładne **badanie lekarskie** z oceną stopnia dojrzałości w skali Tannera oraz wykonano podstawowe pomiary antropometryczne (masa ciała, wysokość, obwód talii), których wyniki odniesiono do siatek centylowych badania OLAF[7]. Otyłość rozpoznawano wówczas, gdy wartości BMI (*body mass index*, wskaźnik względnej masy ciała) były równe lub przekraczały 95. centyl, natomiast nadwagę – gdy mieściły się w zakresie 85.–95. centyla.

Wśród rodziców badanych dzieci przeprowadzono **badanie ankietowe** uwzględniające wywiad okołoporodowy, pytania dotyczące przebytych chorób, przyjmowanych przez dziecko leków, jego poziomu aktywności fizycznej (uwzględniającego liczbę godzin lekcji wychowania fizycznego w tygodniu, dodatkowych zajęć sportowych), wielkość nasłonecznienia (wyrażoną liczbą godzin, jakie dziecko spędzało na powietrzu w okresie letnim i zimowym), ocenę sposobu żywienia, wykształcenie rodziców oraz wywiad rodzinny w kierunku otyłości i zaburzeń metabolizmu kostnego.

Określono **średnie spożycie wybranych składników pokarmowych** z zastosowaniem metody trzydniowych zapisów całodziennej diety dziecka przy wykorzystaniu programu komputerowego Dieta 2, opracowanego przez Instytut Żywności i Żywienia w Warszawie. Uzyskane wyniki zostały znormalizowane w odniesieniu do najnowszych zaleceń żywieniowych Instytutu z 2012 roku[8].

Gęstość mineralna, która określa masę kostną, była oceniana u wszystkich dzieci za pomocą **badania densytometrycznego kości metodą absorpcjometrii promieniowania X o podwójnej energii** (*dual-energy X-ray absorptiometry*, DXA) – w projekcjach *Total Body* i *Spine*. Zgodnie z wytycznymi National Osteoporosis Society w celu znormalizowania wyników badania DXA w odniesieniu do wymiarów ciała wyliczono wyrażone w g/cm^3 objętościową gęstość mineralną kości (*volumetric bone mineral density*, vBMD) oraz rzeczywistą gęstość mineralną kości (*bone mineral apparent density*, BMAD).

Podczas opracowania statystycznego danych wykorzystano oprogramowanie StatSoft Statistica for Windows, wersję 8.0 (StatSoft, Inc., USA). Do oceny zależności między zmiennymi ciągłymi zastosowano model korelacji liniowej. Do oceny zmiennych nominalnych i skategoryzowanych wykorzystano test chi^2 oraz dokładny dwustronny test Fishera. Porównania między grupami przeprowadzano metodą analizy wariancji (ANOVA) lub testem Manna–Whitneya (w doborze testów uwzględniano rozkład oraz jednorodność wariancji badanych zmiennych). Za poziom istotności statystycznej przyjęto wartość $p < 0{,}05$.

WYNIKI

Zarówno w grupie dzieci z nadwagą, jak i z otyłością zaobserwowano wyższe wartości gęstości mineralnej kości

according to Tanner's classification and basic anthropometric measurements (body weight, height, waist circumference) with reference to OLAF percentile charts[7]. Obesity was diagnosed if body mass index (BMI) was equal or higher than the 95th percentile, while overweight was defined as BMI ranging between the 85th and the 95th percentile.

Parents were asked to complete a **questionnaire** including the perinatal history, past diseases, medications taken by the child, the level of physical activity (including the number of physical education – PE – hours per week and additional sports activities), exposure to sunlight (expressed as the number of hours spent by the child outdoors in summer and winter), nutrition assessment, parental education and family history related to obesity and bone metabolism disorders.

The average intake of selected nutrients was determined based on three-day records of child's daily diet using Dieta 2 software package, which was developed by the National Food and Nutrition Institute in Warsaw. The obtained results were normalised with reference to the latest (2012) nutritional recommendations of the Institute[8].

Mineral density, which is a measure of bone mass, was evaluated in all children based on **densitometry (dual-energy X-ray absorptiometry, DXA)** in total body and spine projection. According to the guidelines of the National Osteoporosis Society, volumetric bone mineral density (vBMD) and bone mineral apparent density (BMAD) expressed in g/cm^3 were calculated in order to normalise DXA results with respect to body dimensions.

Statistica for Windows, version 8.0 (StatSoft, Inc., USA) was used for statistical analysis. A linear correlation model was used for the assessment of the relationship between continuous variables. The chi square test and the two-sided Fisher's exact test were used for the assessment of nominal and categorised variables. Comparisons between groups were performed using the analysis of variance (ANOVA) or the Mann–Whitney *U* test (the choice of test was based on the distribution and the variance homogeneity of the analysed variables). The *p*-value of <0.05 was set as a statistically significant level.

RESULTS

Higher bone mineral density (BMD) and BMD Z-score in total body and spine projections were observed in overweight and obese children compared to control group; however, this relationship was statistically significant only for total body projection ($p = 0.0076$ for total body BMD; $p = 0.0136$ for total body BMD Z-score). None of respondents was diagnosed with low bone mass (BMD Z-score ≤−2). Bone mineral density was appropriate for sex and age in both DXA projections in all obese children.

Our study showed positive correlations between absolute BMD, BMC (bone mineral content) and BMAD values in total body and spine projections and body weight, height as well as BMI calculated based on these values in both obese/overweight and control children (Tabs. 1, 2). In the reference group, such a relationship was also found

DOI: 10.15557/PiMR.2017.0055

(*bone mineral density*, BMD) oraz *BMD Z-score* w projekcjach *Total Body* i *Spine* w odniesieniu do grupy porównawczej, jednak zależność ta była istotna statystycznie jedynie dla projekcji *Total Body* (p = 0,0076 dla *BMD Total Body*; p = 0,0136 dla *BMD Total Body Z-score*). U żadnego z badanych dzieci nie stwierdzono cech małej masy kostnej (*BMD Z-score* ≤–2). Gęstość mineralna kości u wszystkich badanych dzieci z nadwagą była odpowiednia dla płci i wieku w obydwu wykonywanych projekcjach badania DXA.

Badanie autorów wykazało, że zarówno u dzieci z nadmierną masą ciała, jak i w grupie porównawczej istniały dodatnie korelacje między wartościami bezwzględnymi BMD, BMC (*bone mineral content* – zawartość minerału kostnego), BMAD w projekcjach *Total Body* i *Spine* oraz masą ciała, wysokością i wyliczonym na ich podstawie BMI (tab. 1, 2). W grupie porównawczej zależność taka istniała również między określonymi wskaźnikami antropometrycznymi between certain anthropometric indicators and spine BMD Z-score and total body BMD Z-score, whereas such a correlation was not observed in spine BMD Z-score in overweight/obese children. The vBMD parameter, whose role was to ensure DXA independence from body dimensions, showed no significant correlation with any of anthropometric measurements in overweight/obesity or control group. Waist and hip circumference values were statistically significantly positively correlated with almost all DXA parameters (except from vBMD) only in the group of children with body weight appropriate for height, whereas the same values were significantly correlated with only absolute BMD, BMAD and BMC values in total body projections and spine BMC in overweight/obese children.

The effects of perinatal data and family conditions of normal bone mineral density development in the study groups were assessed based on a questionnaire. A total of 8.3%

Parametr badania DXA *DXA parameter*	**Współczynnik korelacji *r* oraz wartość *p*** *The r correlation coefficient and the p-value*	**Masa ciała** *Body weight*	**Wysokość** *Height*	**BMI**	**Obwód talii** *Waist circumference*	**Obwód bioder** *Hip circumference*
BMD Spine *Spine BMD*	*r*	0,446	0,415	0,345	0,178	0,307
	p	**<0,001**	**<0,001**	**0,002**	**0,115**	**0,006**
BMD Spine Z-score *Spine BMD Z-score*	*r*	0,144	0,085	0,174	0,014	0,078
	p	0,204	0,455	0,124	0,903	0,493
vBMD	*r*	0,098	0,072	0,093	–0,001	0,068
	p	0,387	0,523	0,410	0,990	0,549
BMAD Spine *Spine BMAD*	*r*	0,442	0,413	0,344	0,168	0,305
	p	**<0,001**	**<0,001**	**0,002**	**0,137**	**0,006**
BMC Spine *Spine BMC*	*r*	0,722	0,710	0,517	0,338	0,527
	p	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**	**0,002**	**<0,001**
BA Spine *Spine BA*	*r*	0,749	0,763	0,516	0,369	0,561
	p	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**	**0,001**	**<0,001**
BMD Total Body *Total body BMD*	*r*	0,682	0,724	0,427	0,278	0,497
	p	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**	**0,013**	**<0,001**
BMD Total Body Z-score *Total body BMD Z-score*	*r*	0,312	0,289	0,279	0,159	0,245
	p	**0,005**	**0,009**	**0,012**	**0,160**	**0,029**
BMAD Total Body *Total body BMAD*	*r*	0,823	0,893	0,485	0,371	0,625
	p	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**	**0,001**	**<0,001**
BMC Total Body *Total body BMC*	*r*	0,810	0,834	0,532	0,380	0,630
	p	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**	**0,001**	**<0,001**
BA Total Body *Total body BA*	*r*	0,842	0,870	0,553	0,423	0,673
	p	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**
FM	*r*	0,893	0,693	0,878	0,752	0,861
	p	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**
LBM	*r*	0,879	0,901	0,585	0,523	0,645
	p	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**

BMI – *body mass index* – wskaźnik masy ciała; **BMD** – *bone mineral density* – gęstość mineralna kości; **vBMD** – *volumetric bone mineral density* – objętościowa (wolumetryczna) gęstość mineralna kości; **BMAD** – *bone mineral apparent density* – rzeczywista gęstość mineralna kości; **BMC** – *bone mineral content* – zawartość minerału kostnego; **BA** – *bone area* – rzutowana powierzchnia kości; **FM** – *fat mass* – tłuszczowa masa ciała, masa tkanki tłuszczowej; **LBM** – *lean body mass* – beztłuszczowa masa ciała, masa tkanki beztłuszczowej.
BMI – *body mass index;* ***BMD*** – *bone mineral density;* ***vBMD*** – *volumetric bone mineral density;* ***BMAD*** – *bone mineral apparent density;* ***BMC*** – *bone mineral content;* ***BA*** – *bone area;* ***FM*** – *fat mass;* ***LBM*** – *lean body mass.*

Tab. 1. Współczynniki korelacji pomiędzy parametrami badania DXA a wybranymi pomiarami antropometrycznymi oraz wyliczonymi na ich podstawie wartościami BMI u dzieci z nadmierną masą ciała (otyłością i nadwagą)

Tab. 1. Correlation coefficients between DXA parameters and selected anthropometric measurements and BMI values calculated based on these measurements in children with overweight/obesity

Parametr badania DXA *DXA parameter*	**Współczynnik korelacji *r* oraz wartość *p*** *The r correlation coefficient and the p-value*	**Masa ciała** *Body weight*	**Wysokość** *Height*	**BMI**	**Obwód talii** *Waist circumference*	**Obwód bioder** *Hip circumference*
BMD Spine *Spine BMD*	*r*	0,573	0,430	0,523	0,546	0,572
	p	**<0,001**	**0,008**	**0,001**	**0,000**	**0,000**
BMD Spine Z-score *Spine BMD Z-score*	*r*	0,334	0,166	0,396	0,368	0,387
	p	0,044	0,326	0,015	0,025	0,018
vBMD	*r*	0,300	0,182	0,308	0,293	0,318
	p	0,071	0,282	0,064	0,079	0,055
BMAD Spine *Spine BMAD*	*r*	0,568	0,427	0,516	0,541	0,568
	p	**<0,001**	**0,008**	**0,001**	**0,001**	**<0,001**
BMC Spine *Spine BMC*	*r*	0,746	0,685	0,560	0,632	0,720
	p	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**	**0,000**	**<0,001**
BA Spine *Spine BA*	*r*	0,767	0,802	0,479	0,559	0,707
	p	**<0,001**	**<0,001**	**0,003**	**<0,001**	**<0,001**
BMD Total Body *Total body BMD*	*r*	0,848	0,799	0,595	0,722	0,774
	p	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**
BMD Total Body Z-score *Total body BMD Z-score*	*r*	0,498	0,369	0,457	0,526	0,469
	p	**0,002**	**0,029**	**0,006**	**0,001**	**0,005**
BMAD Total Body *Total body BMAD*	*r*	0,905	0,938	0,564	0,755	0,834
	p	**<0,001**	**<0,001**	**0,001**	**<0,001**	**<0,001**
BMC Total Body *Total body BMC*	*r*	0,920	0,928	0,610	0,774	0,880
	p	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**
BA Total Body *Total body BA*	*r*	0,916	0,946	0,585	0,744	0,901
	p	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**
FM	*r*	0,877	0,631	0,890	0,885	0,805
	p	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**
LBM	*r*	0,844	0,922	0,501	0,644	0,802
	p	**<0,001**	**<0,001**	**0,003**	**<0,001**	**<0,001**

BMI – *body mass index* – wskaźnik masy ciała; **BMD** – *bone mineral density* – gęstość mineralna kości; **vBMD** – *volumetric bone mineral density* – objętościowa (wolumetryczna) gęstość mineralna kości; **BMAD** – *bone mineral apparent density* – rzeczywista gęstość mineralna kości; **BMC** – *bone mineral content* – zawartość minerału kostnego; **BA** – *bone area* – rzutowana powierzchnia kości; **FM** – *fat mass* – tłuszczowa masa ciała, masa tkanki tłuszczowej; **LBM** – *lean body mass* – beztłuszczowa masa ciała, masa tkanki beztłuszczowej.
BMI *– body mass index;* ***BMD*** *– bone mineral density;* ***vBMD*** *– volumetric bone mineral density;* ***BMAD*** *– bone mineral apparent density;* ***BMC*** *– bone mineral content;* ***BA*** *– bone area;* ***FM*** *– fat mass;* ***LBM*** *– lean body mass.*

Tab. 2. Współczynniki korelacji pomiędzy parametrami badania DXA a wybranymi pomiarami antropometrycznymi oraz wyliczonymi na ich podstawie wartościami BMI u dzieci z grupy porównawczej

Tab. 2. Correlation coefficients between DXA parameters and selected anthropometric measurements and BMI values calculated based on these measurements in children from the control group

a *BMD Spine Z-score* i *BMD Total Body Z-score*, natomiast korelacji takiej nie zaobserwowano dla *BMD Spine Z-score* u dzieci z nadwagą i otyłością. Parametr vBMD, którego wyznaczenie miało na celu uniezależnienie wyniku badania DXA od wymiarów ciała, nie wykazał znamiennej zależności z żadnym rezultatem pomiarów antropometrycznych zarówno w grupie z nadmierną masą ciała, jak i w grupie porównawczej. Obwody talii i bioder pozostawały w istotnej statystycznie dodatniej korelacji z niemal wszystkimi parametrami badania DXA (poza vBMD) jedynie w grupie dzieci z masą ciała odpowiednią do wysokości, natomiast u dzieci z nadwagą i otyłością obwody talii i bioder pozostawały w istotnej zależności tylko z wartościami bezwzględnymi BMD, BMAD, BMC w projekcji *Total Body* oraz *BMC Spine*.

Wpływ wybranych danych z wywiadu okołoporodowego oraz uwarunkowania rodzinne rozwoju prawidłowej

(5/60) of obese and 5% (1/20) of overweight patients were born before 37 weeks gestation. The same percentage was 13.5% (5/37) in the reference group. Low birth weight (<2500 g) was reported in 2/60 (3.3%) patients with BMI ≥95th percentile and 3/37 (8.1%) controls. Children with normal body weight were statistically more frequently breastfed (91.9%) compared to overweight (75%) and obese (70%) patients. No statistically significant correlation was found between the selected perinatal data and bone mineral density expressed as absolute values as well as spine and total body BMD Z-score. It is also worth noting that 86.7% (52/60) of children with BMI ≥95th percentile came from families with at least one parent diagnosed with overweight and obesity, with up to 40% (24/60) of cases where both parents were affected. Obesity was diagnosed in only 13.3% (8/60) of children in families with no parental eating disorders.

DOI: 10.15557/PiMR.2017.0055

gęstości mineralnej kości w poszczególnych grupach badanych zostały ocenione na podstawie badania ankietowego. Przed 37. tygodniem ciąży urodziło się 8,3% (5/60) pacjentów z otyłością oraz 5% (1/20) dzieci z nadwagą. W grupie porównawczej odsetek ten wynosił 13,5% (5/37) badanych. Niską masę urodzeniową (<2500 g) stwierdzono u 2/60 (3,3%) badanych z BMI ≥95. centyla oraz u 3/37 (8,1%) dzieci z grupy porównawczej. Badani z prawidłową masą ciała byli istotnie statystycznie częściej karmieni piersią (91,9%) w porównaniu z badanymi z nadwagą (75%) i otyłością (70%). Nie wykazano istotnej statystycznie korelacji między wybranymi danymi z okresu okołoporodowego a gęstością mineralną kości wyrażoną jako wartości bezwzględne oraz *Z-score BMD Spine* i *Total Body*. Warto również zwrócić uwagę, że 86,7% (52/60) dzieci z BMI ≥95. centyla pochodziło z rodzin, w których przynajmniej u jednego z rodziców rozpoznano nadwagę lub otyłość, przy czym aż u 40% (24/60) problem ten dotyczył obojga opiekunów. W rodzinach, w których nie zaobserwowano zaburzeń odżywiania u rodziców, otyłość rozpoznano jedynie u 13,3% (8/60) dzieci.

Nie stwierdzono istotnej statystycznie różnicy w liczbie godzin spędzanych przez dzieci z nadwagą i otyłością na świeżym powietrzu czy też na odrabianiu lekcji. Natomiast pacjenci z nadmierną masą ciała (BMI ≥85. centyla) poświęcali znamiennie więcej czasu (p = 0,024) oglądaniu telewizji w porównaniu z badanymi z prawidłową masą ciała. Telewizor w swoim pokoju miało 46/60 (76,7%) pacjentów z otyłością oraz 16/20 (80%) badanych z nadwagą, przy czym w grupie dzieci z masą ciała odpowiednią do wysokości odsetek ten był niższy i wynosił 59,5% (22/37 badanych). Podstawę aktywności fizycznej we wszystkich badanych grupach dzieci stanowiły zajęcia wychowania fizycznego, nie zaobserwowano tutaj jednak znamiennych różnic w średniej liczbie godzin spędzanych na tych zajęciach między dziećmi z otyłością, nadwagą i dziećmi z grupy porównawczej (p = 0,407). Dzieci z nadmierną masą ciała rzadziej uczęszczały na dodatkowe zorganizowane zajęcia sportowe – z takiej formy rekreacji korzystało regularnie 60% (12/20) badanych z nadwagą i 66,6% (40/60) z otyłością. Wśród pacjentów z masą ciała odpowiednią do wysokości odsetek ten był nieznacznie większy i wynosił 70,3% (26/37). Analizując zależność między parametrami badania densytometrycznego a aktywnością fizyczną badanych dzieci, zaobserwowano istotną statystycznie (p = 0,04) dodatnią korelację między aktywnością fizyczną (wyrażoną jako tygodniowa liczba godzin spędzanych łącznie na zajęciach wychowania fizycznego i dodatkowych zajęciach sportowych) a wartością bezwzględną *BMD Total Body* wyrażoną w g/cm^2. Pozostałe zależności oceniające sposób spędzania wolnego czasu i masę kostną nie były istotne statystycznie (p > 0,05).

Dzieci z nadmierną masą ciała częściej podjadały między głównymi posiłkami i odżywiały się nieregularnie. Dodatkowo, w jadłospisie aż 25% pacjentów z nadwagą i 30% badanych z otyłością nie było śniadania.

No statistically significant difference was found in the number of hours spent by overweight/obese children in the fresh air or doing homework. Patients with overweight/obesity (BMI ≥85th percentile) spent significantly more time (p = 0.024) watching television compared to patients with normal body weight. A total of 46 out of 60 (76.7%) obese patients and 16 out of 20 (80%) overweight patients had a television in their bedrooms, whereas the same percentage was equal to 59.5% (22/37 children) among children with body weight appropriate for height. Physical education was the main form of physical activity for all children included in the study, and no significant differences in the mean number of hours spent on these activities were found between overweight/obese and control children (p = 0.407). Overweight/obese children less frequently participated in additional sporting activities, with 60% (12/20) of overweight and 66.6% (40/60) of obese children regularly participating in this form of recreational activity. This proportion was slightly higher (70.3%, 26/37) in patients with body weight appropriate for height. An analysis of the relationship between densitometric parameters and physical activity in the evaluated children revealed a statistically significant positive correlation (p = 0.04) between physical activity (expressed as a weekly number of hours spent on physical education and additional sports activities) and the absolute total body BMD value expressed in g/cm^2. Other relationships for the assessment of the ways of spending free time and bone mass were not statistically significant (p > 0.05).

Children with overweight/obesity were more likely to have snacks between meals and had irregular meals. Additionally, up to 25% of overweight and 30% of obese patients had no breakfast. Unmet needs for selected nutrients, particularly in the form of vitamin D and calcium dietary deficiency as well as increased intake of carbohydrates, protein and sodium, were observed in all study groups (Tab. 3). Dietary vitamin D deficiency was found in all (100%) obese patients and 95% of overweight (19/20) and control (35/37) children. Only 15.4% (18/117) of children were supplemented with vitamin D at the time of study. Calcium intake was lower or equal to 68% of daily requirement in all children included in the study. Sodium intake exceed the recommended dietary intake almost three times in obese/overweight and normal body weight children. Average protein intake exceeded the recommended dietary intake almost two times in all study groups.

A statistically significant negative correlation was found between dietary phosphorus content and total body BMC, spine BMC, total body BMD, spine BMD and vBMD (Tab. 4). No effects of calcium and vitamin D supplementation on bone mass in overweight/obese children were shown. Total body BMD was statistically significantly negatively correlated with dietary content of protein and magnesium. The study also showed a statistically significant negative correlation between the amount of consumed carbohydrates and spine BMD Z-score, vBMD and spine BMAD.

 DOI: 10.15557/PiMR.2017.0055

We wszystkich badanych grupach stwierdzono nieprawidłowości w zakresie pokrycia zapotrzebowania na wybrane składniki odżywcze, szczególnie pod postacią niedoboru witaminy D i wapnia w diecie oraz nadmiernego spożycia węglowodanów, białka oraz sodu (tab. 3). W diecie wszystkich pacjentów z otyłością (100%) stwierdzono niedobory witaminy D, natomiast zarówno wśród badanych dzieci z nadwagą (19/20), jak i w grupie porównawczej (35/37) odsetek ten wynosił około 95%. W chwili przeprowadzania badania jedynie 15,4% (18/117) dzieci otrzymywało suplementację witaminą D. Wśród wszystkich badanych dzieci spożycie wapnia nie przekraczało 68% dziennego zapotrzebowania na ten pierwiastek. Spożycie sodu zarówno wśród dzieci z otyłością, jak i u dzieci z nadwagą oraz z prawidłową masą ciała przekraczało niemal trzykrotnie zalecane normy dziennego spożycia, natomiast we wszystkich badanych grupach średnie spożycie białka przekraczało niemal dwukrotnie zalecane normy.

Stwierdzono istotną statystycznie ujemną zależność między zawartością fosforu w diecie a *BMC Total Body*, *BMC Spine*, *BMD Total Body*, *BMD Spine* i vBMD (tab. 4). Nie wykazano natomiast wpływu spożycia wapnia oraz witaminy D na masę kostną dzieci z nadmierną masą ciała. Gęstość mineralna kości (BMD) w projekcji *Total Body* pozostawała w istotnej statystycznie ujemnej korelacji z zawartością białka oraz magnezu w diecie. Badanie wykazało również istotną statystycznie ujemną zależność między ilością spożywanych węglowodanów a *BMD Spine Z-score*, vBMD oraz *BMAD Spine*.

OMÓWIENIE

Mimo wielu przeprowadzonych badań nie udało się jednoznacznie ustalić wpływu otyłości na tkankę kostną. Wynika to z wielu mechanizmów i złożoności procesów, jakie łączą obydwie tkanki (wspólne pochodzenie adipocytów i osteoblastów, łączące je szlaki sygnałowe, hormony wydzielane przez tkankę tłuszczową, obciążenie szkieletu nadmierną masą ciała, teoria mechanostatu), oraz czynników wpływających jednocześnie na rozwój nadmiernej masy ciała i zaburzeń gospodarki wapniowo-fosforanowej (niezbilansowana dieta, niska aktywność fizyczna). Przez wiele lat uznawano powszechnie, że otyłość wywiera ochronny wpływ na masę kostną, obserwowano bowiem dodatnią korelację między masą ciała, BMI a BMC czy BMD[9,10] (w badaniu autorów również odnotowano taką zależność). Garnett i wsp. tłumaczą to zjawisko współistnieniem mechanicznego obciążenia szkieletu przez tkankę tłuszczową oraz wpływem wydzielanych przez nią hormonów – głównie estradiolu i leptyny[11]. W niniejszym badaniu stwierdzono, że dzieci z nadmierną masą ciała cechują się istotnie statystycznie wyższymi wartościami *BMD Total Body* i *BMD Total Body Z-score* w porównaniu z pacjentami w tym samym wieku z prawidłową masą ciała. Podobne wyniki uzyskali El Hage i wsp., przeprowadzając analizę parametrów densytometrycznych wśród nastoletnich chłopców.

DISCUSSION

The effects of obesity on bone tissue remain ambiguous despite many studies. This results from multiple mechanisms and the complexity of processes connecting both these tissues (the common origin of adipocytes and osteoblasts, common signaling pathways, hormones secreted by adipose tissue, skeletal overload due to excessive body weight, the mechanostat theory) as well as factors simultaneously affecting the development of increased body mass and calcium-phosphate imbalance (unbalanced diet, low physical activity). For many years it has been commonly believed that obesity has protective effects on bone mass, which was based on a positive correlation between body weight, BMI and BMC or BMD[9,10] (this relationship was also found in our study). According to Garnett et al., this phenomenon results from the coexistence of mechanical load exerted by adipose tissue on the skeleton and the effects of hormones secreted by this tissue, estradiol and leptin in particular[11]. Our study demonstrated that children with overweight/obesity show statistically significantly higher total body BMD and total body BMD Z-score compared to age-matched patients with normal body weight. Similar findings were obtained by El Hage et al., who analysed densitometric parameters in adolescent boys. The authors showed statistically significantly higher total body BMC, total body BA and spine aBMD values in overweight/obese patients compared to children with body weight appropriate for height[12]. Following DXA result correction depending on body weight, lean body mass (LBM), fat mass (FM) and BMI, the authors found no statistically significant differences between the evaluated groups of boys. This may confirm the theory according to which bone mass content (BMC) and skeletal size increase with increased body weight[13]. The use of DXA, a technique that allows for a two-dimensional assessment of the mineral density of spatial objects, such as bones, is associated with an overestimation of areal bone mineral density (aBMD) in overweight/obese patients. In order to calculate the Z-score in children with obesity, and thus increased skeletal size, DXA results are compared with mean BMD in patients at a certain age, i.e. patients with average body and skeletal size. This is one of the main reasons for errors in the interpretation of densitometry in overweight/obese children[12]. In order to avoid overestimation of DXA findings, and thus bone mass in obese patients, the National Osteoporosis Society recommends vBMD estimation. Our analysis of this densitometric parameter showed no statistically significant differences between overweight/obese children and the control group, which become visible when using classical DXA interpretation standards based on patient's age and sex rather than body dimensions.

Our study showed statistically significant positive correlations between different densitometric parameters (spine BMD, spine BMAD, spine BMC, spine BA, total body BMD, total body BMD Z-score, total body BMAD, total body

DOI: 10.15557/PiMR.2017.0055

Składniki pokarmowe *Nutrients*	**Obniżone spożycie** *Reduced intake*	**Podwyższone spożycie** *Increased intake*	**Spożycie w normie** *Normal intake*
Dzieci z otyłością – *N* = 60 *Obese children – N = 60*			
Energia *Energy*	28 (46,6%)	14 (23,3%)	18 (30%)
Białko *Protein*	2 (3,3%)	55 (91,7%)	3 (5%)
Tłuszcze *Fats*	26 (43,3%)	22 (36,7)	12 (20%)
Węglowodany *Carbohydrates*	1 (1,7%)	54 (90%)	5 (8,3%)
Sód *Sodium*	1 (1,7%)	59 (98,3%)	0
Fosfor *Phosphorus*	11 (18,3%)	39 (65%)	10 (16,6%)
Wapń *Calcium*	46 (76,7%)	5 (8,3%)	9 (15%)
Magnez *Magnesium*	23 (38,3%)	36 (60%)	1 (1,7%)
Witamina D *Vitamin D*	60 (100%)	0	0
Dzieci z nadwagą – *N* = 20 *Overweight children – N = 20*			
Energia *Energy*	10 (50%)	3 (15%)	7 (35%)
Białko *Protein*	0	19 (95%)	1 (5%0
Tłuszcze *Fats*	12 (60%)	6 (30%)	2 (10%)
Węglowodany *Carbohydrates*	0	18 (90%)	2 (10%)
Sód *Sodium*	0	20 (100%)	0
Fosfor *Phosphorus*	7 (35%)	12 (60%)	1 (5%)
Wapń *Calcium*	18 (90%)	1 (5%)	1 (5%)
Magnez *Magnesium*	10 (50%)	8 (40%)	2 (10%)
Witamina D *Vitamin D*	19 (95%)	1 (5%)	0
Dzieci z grupy porównawczej – *N* = 37 *Controls – N = 37*			
Energia *Energy*	15 (40,6%)	12 (32,4%)	10 (27%)
Białko *Protein*	0	36 (97,3%)	1 (2,7%)
Tłuszcze *Fats*	14 (37,8%)	11 (29,8%)	12 (32,4%)
Węglowodany *Carbohydrates*	0	37 (100%)	0
Sód *Sodium*	1 (2,7%)	36 (97,3%)	0
Fosfor *Phosphorus*	2 (5,4%)	28 (75,7%)	7 (18,9%)
Wapń *Calcium*	31 (83,8%)	3 (8,1%)	3 (8,1%)
Magnez *Magnesium*	7 (18,9%)	27 (73%)	3 (8,1%)
Witamina D *Vitamin D*	35 (94,6%)	1 (2,7%)	1 (2,7%)

Tab. 3. Liczba dzieci i ich odsetek w grupach badanych z otyłością, nadwagą oraz porównawczej z nieprawidłowościami w pokryciu zapotrzebowania na poszczególne składniki pokarmowe
Tab. 3. The number and the percentage of obese, overweight and control children with unmet nutritional needs

 DOI: 10.15557/PiMR.2017.0055

Parametr badania DXA *DXA parameter*	**Współczynnik korelacji r oraz wartość *p*** *The r correlation coefficient and p-value*	**Energia** *Energy*	**Białko** *Protein*	**Tłuszcze** *Fats*	**Węglowodany** *Carbohydrates*	**Sód** *Sodium*	**Wapń** *Calcium*	**Fosfor** *Phosphorus*	**Magnez** *Magnesium*	**Witamina D** *Vitamin D*
BMD Spine *Spine BMD*	*r*	–0,090	–0,128	–0,113	–0,165	–0,043	–0,142	–0,192	–0,222	–0,085
	p	0,333	0,167	0,224	0,075	0,647	0,127	**0,038**	**0,016**	0,365
BMD Spine Z-score *Spine BMD Z-score*	*r*	–0,030	0,020	–0,076	–0,189	–0,139	0,021	0,066	0,066	–0,088
	p	0,751	0,832	0,414	**0,041**	0,135	0,826	0,478	0,480	0,344
vBMD	*r*	–0,170	–0,164	–0,154	–0,229	–0,062	–0,177	–0,198	–0,223	–0,115
	p	0,066	0,078	0,097	**0,013**	**0,506**	**0,056**	**0,032**	**0,016**	0,216
BMAD Spine *Spine BMAD*	*r*	–0,133	–0,114	–0,134	–0,224	–0,095	–0,131	–0,136	–0,150	–0,135
	p	0,152	0,219	0,150	**0,015**	0,307	0,158	0,144	0,106	0,148
BMC Spine *Spine BMC*	*r*	–0,061	–0,112	–0,082	–0,125	–0,004	–0,130	–0,205	–0,273	–0,019
	p	0,515	0,228	0,377	0,178	0,968	0,164	**0,026**	**0,003**	0,839
BA Spine *Spine BA*	*r*	0,013	–0,068	–0,009	–0,001	0,050	–0,057	–0,179	–0,256	0,023
	p	0,887	0,468	0,919	0,990	0,589	0,545	0,054	0,005	0,806
BMD Total Body *Total body BMD*	*r*	–0,068	–0,214	–0,059	–0,075	0,091	–0,177	–0,299	–0,365	0,008
	p	0,469	0,022	0,534	0,424	0,333	0,058	0,001	0,000	0,937
BMD Total Body Z-score *Total body BMD Z-score*	*r*	0,058	**0,022**	0,020	–0,091	0,017	0,029	0,069	0,064	–0,016
	p	0,537	0,815	0,828	0,331	0,853	0,762	0,467	0,499	0,862
BMAD Total Body *Total body BMAD*	*r*	0,068	0,155	0,076	0,098	0,021	0,146	0,142	0,204	0,030
	p	0,471	0,099	0,424	0,299	0,824	0,120	0,132	**0,030**	0,754
BMC Total Body *Total body BMC*	*r*	–0,051	–0,174	–0,060	–0,048	0,091	–0,173	–0,262	–0,353	0,036
	p	0,587	0,063	0,527	0,613	0,333	0,066	**0,005**	**0,000**	0,703
BA Total Body *Total body BA*	*r*	–0,032	–0,149	–0,050	–0,027	0,096	–0,166	–0,240	–0,337	0,050
	p	0,735	0,113	0,600	0,774	0,311	0,078	**0,010**	**0,000**	0,597
FM	*r*	–0,040	–0,133	–0,046	–0,070	0,038	–0,122	–0,195	–0,270	–0,035
	p	0,671	0,160	0,627	0,463	0,686	0,198	**0,038**	**0,004**	0,716
LBM	*r*	0,027	–0,082	0,001	0,036	0,071	–0,073	–0,220	–0,304	0,066
	p	0,773	0,388	0,996	0,702	0,458	0,444	**0,019**	**0,001**	0,485

BMD – *bone mineral density* – gęstość mineralna kości; **vBMD** – *volumetric bone mineral density* – objętościowa (wolumetryczna) gęstość mineralna kości; **BMAD** – *bone mineral apparent density* – rzeczywista gęstość mineralna kości; **BMC** – *bone mineral content* – zawartość minerału kostnego; **BA** – *bone area* – rzutowana powierzchnia kości; **FM** – *fat mass* – tłuszczowa masa ciała, masa tkanki tłuszczowej; **LBM** – *lean body mass* – beztłuszczowa masa ciała, masa tkanki beztłuszczowej.
BMD *– bone mineral density;* ***vBMD*** *– volumetric bone mineral density;* ***BMAD*** *– bone mineral apparent density;* ***BMC*** *– bone mineral content;* ***BA*** *– bone area;* ***FM*** *– fat mass;* ***LBM*** *– lean body mass.*

Tab. 4. Współczynniki korelacji pomiędzy wybranymi parametrami badania DXA a spożyciem określonych składników pokarmowych wyrażonych jako procent pokrycia dziennego zapotrzebowania na dany składnik u dzieci z nadwagą i otyłością

Tab. 4. Correlation coefficients between selected DXA parameters and the intake of nutrients, expressed as a percentage of daily dietary requirements for a given nutrient in overweight and obese children

Wykazali oni istotnie statystycznie wyższe wartości *BMC Total Body*, *BA Total Body* oraz *aBMD Spine* u pacjentów z nadwagą i otyłością w stosunku do dzieci z masą ciała odpowiednią do wysokości[12]. Autorzy ci po skorygowaniu wyników DXA, kolejno, w zależności od masy ciała, beztłuszczowej masy ciała (*lean body mass*, LBM), tłuszczowej masy ciała (*fat mass*, FM) oraz BMI nie stwierdzili znamiennych statystycznie różnic między badanymi grupami chłopców. Może to stanowić potwierdzenie teorii, że wraz z przyrostem masy ciała zwiększają się zarówno masa kostna (BMC), jak i rozmiary szkieletu[13]. Zastosowanie DXA, będącej techniką, która pozwala oceniać gęstość mineralną

BMC, total body BA) and body weight, height and BMI in patients with overweight, obesity and normal weight. Similar results were obtained in many works published by Polish and foreign authors[9,10,14]. No significant correlation was found between vBMD and the above mentioned anthropometric parameters in any of the study groups. This finding seems to confirm the theory presented by Katzman et al. according to which vBMD has the weakest correlation with anthropometric parameters, therefore it is useful in the assessment of BMD in patients with eating disorders[15].

Limited physical activity is one of unhealthy habits which are a risk factor for both excessive body mass as

obiektów przestrzennych, jakimi są kości, w sposób dwuwymiarowy, powoduje u pacjentów z nadwagą i otyłością zawyżenie uzyskanych wartości powierzchniowej gęstości mineralnej kości (*areal bone mineral density*, aBMD). W celu obliczenia wskaźnika *Z-score* u dzieci z otyłością i tym samym z większymi rozmiarami szkieletu wyniki badania DXA są odnoszone do średniej wartości BMD u badanych w określonym wieku, a zatem pacjentów o przeciętnych rozmiarach ciała i tym samym kości. Stanowi to jedną z głównych przyczyn błędów w interpretacji badania densytometrycznego wśród dzieci z nadmierną masą ciała[12]. W celu uniknięcia zawyżenia wyników badania DXA, a tym samym masy kostnej u pacjentów z otyłością National Osteoporosis Society postuluje m.in. wyliczenie vBMD. Analiza tego parametru densytometrycznego w niniejszej pracy nie wykazała istotnych statystycznie różnic między dziećmi z nadmierną masą ciała a grupą porównawczą, widocznych przy zastosowaniu klasycznych norm interpretacji badania DXA opartych jedynie na wieku i płci pacjenta, a nie jego wymiarach ciała.

W przeprowadzonym przez autorów badaniu zarówno u dzieci z nadwagą, otyłością, jak i w grupie porównawczej stwierdzono istotne statystycznie dodatnie korelacje między poszczególnymi parametrami badania densytometrycznego kości (*BMD Spine*, *BMAD Spine*, *BMC Spine*, *BA Spine*, *BMD Total Body*, *BMD Total Body Z-score*, *BMAD Total Body*, *BMC Total Body*, *BA Total Body*) a masą ciała, wysokością i BMI. Podobne wyniki uzyskano w licznych publikacjach autorów polskich i zagranicznych[9,10,14]. W żadnej z badanych grup nie stwierdzono natomiast znamiennej zależności między vBMD a wymienionymi wcześniej parametrami antropometrycznymi. Rezultat ten wydaje się potwierdzać teorię przedstawioną przez Katzman i wsp., zgodnie z którą vBMD wykazuje najmniejszą zależność od parametrów antropometrycznych, przez co stanowi przydatny wskaźnik oceny BMD u pacjentów z zaburzeniami odżywiania[15].

Wśród nieprawidłowych nawyków, które stanowią czynnik ryzyka zarówno nadmiernej masy ciała, jak i obniżonej gęstości mineralnej kości, należy wymienić ograniczoną aktywność fizyczną. W niniejszej pracy badani z rozpoznaną nadwagą lub otyłością istotnie statystycznie częściej mieli telewizor w swoim pokoju, co mogło się przyczyniać do ograniczenia czasu spędzanego przez nich w aktywny sposób. Wosje i wsp., badając 214 dzieci w wieku przedszkolnym, wykazali istotną statystycznie ($p < 0{,}01$) ujemną korelację między czasem spędzanym przed telewizorem a przyrostem rzutowanej powierzchni kości (*bone area*, BA) i masy kostnej tych pacjentów w okresie najbliższych 3,5 roku[16]. W piśmiennictwie potwierdza się negatywny wpływ unieruchomienia na gęstość mineralną kości[17]. Istnieją jednak pojedyncze doniesienia, które nie wykazują korzystnego wpływu aktywności fizycznej na masę kostną u dzieci nieuprawiających sportu wyczynowo[18]. W badaniu autorów liczba godzin spędzanych aktywnie w ciągu tygodnia korelowała dodatnio z wartościami bezwzględnymi

well as reduced bone mineral density. In our study, overweight/obese patients statistically significantly more often had a television in their bedroom, which could additionally reduce the time spent actively. Wosje et al. who assessed 214 school-age children showed a statistically significant ($p < 0.01$) negative correlation between the time spent watching television and increased bone area (BA) and bone mass in these patients in the following 3.5 years[16]. The negative effects of immobilisation on bone mineral density have been confirmed in the literature[17]. There are, however, single reports showing no beneficial effects of physical activity on bone mass in children who do not participate in competitive sports[18]. In our study, the number of hours spent actively during the week was positively correlated with absolute total body BMD values. No correlation was found between the number of hours of physical education and densitometric parameters. However, it should be emphasised that none of the children included in the study participated in competitive sports, and the number of hours of physical education combined with additional extracurricular sport activities provided the recommended 60 minutes of moderate-intensity daily physical activity in only 18.8% (22/117) of children.

Dietary habits acquired during childhood affect both, body fat content as well as bone mass in children[19]. The study also demonstrated common nutritional abnormalities that may affect calcium-phosphate metabolism and bone mass. The study showed no statistically significant differences in meeting the needs for different nutrients between obese, overweight and normal weight patients. However, irregularities in the daily diet, such as increased intake of sodium, protein, carbohydrates, phosphorus as well as calcium and vitamin D deficiency, were observed in all study groups. An analysis of more than 3,500 Spanish adolescents aged between 13 and 18.5 years showed that the low level of physical activity in both overweight/obese children and those with body weight appropriate for height is a risk factor for abnormal eating habits[20].

Our study demonstrated significant calcium and vitamin D deficiency in the diet of all children included in the analysis. It has been confirmed in many analyses both at home and abroad that consumption of these nutrients in the developmental age population is insufficient[21,22]. Black et al. showed that children who for various reasons do not consume dairy milk, which is one of the best sources of dietary calcium, show reduced growth, lower total body aBMD, reduced total body BMC and increased rates of fractures[23]. It was additionally observed that children whose diet was low in milk and dairy products had higher BMI. These findings confirm previous observations that low intake of calcium may have stimulatory effects on lipogenesis with simultaneous inhibitory effects on lipolysis, which consequently increases fat accumulation in the body, and thus the risk of obesity[24]. We found no statistically significant differences in calcium intake between overweight/obese and normal weight children. Also, no relationship was shown between

 DOI: 10.15557/PiMR.2017.0055

BMD Total Body. Nie stwierdzono natomiast zależności między liczbą godzin wychowania fizycznego a parametrami badania densytometrycznego kości. Warto jednak podkreślić, że żadne z badanych dzieci nie uprawiało wyczynowo sportu, natomiast liczba godzin aktywności fizycznej na zajęciach wychowania fizycznego w połączeniu z dodatkowymi pozalekcyjnymi zajęciami sportowymi jedynie u 18,8% (22/117) dzieci zapewniała zalecane 60 minut umiarkowanej aktywności fizycznej dziennie.

Zwyczaje żywieniowe nabywane w okresie dzieciństwa mają wpływ zarówno na zawartość tkanki tłuszczowej w organizmie, jak i na samą masę kostną dzieci[19]. Wyniki przeprowadzonych badań wykazały również występujące powszechnie nieprawidłowości w diecie, które mogą oddziaływać na gospodarkę wapniowo-fosforanową i masę kostną. W niniejszym badaniu nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w pokryciu zapotrzebowania na poszczególne składniki odżywcze między pacjentami z otyłością, nadwagą i prawidłową masą ciała. Jednak we wszystkich badanych grupach zaobserwowano nieprawidłowości w codziennej diecie pod postacią nadmiernego spożycia sodu, białka, węglowodanów, fosforu oraz niedoboru wapnia i witaminy D. Analiza przeprowadzona wśród ponad 3,5 tysiąca hiszpańskich nastolatków w wieku od 13 lat do 18,5 roku wykazała, że niski stopień aktywności fizycznej zarówno wśród dzieci z nadmierną masą ciała, jak i u dzieci z masą ciała odpowiednią do wysokości stanowi czynnik ryzyka nieprawidłowych nawyków żywieniowych[20].

W badaniu autorów zaobserwowano znaczny niedobór wapnia i witaminy D w diecie wszystkich badanych dzieci. Liczne analizy sporządzane w kraju i za granicą potwierdzają, że spożycie tych składników pokarmowych w populacji wieku rozwojowego jest zbyt niskie[21,22]. Black i wsp. wykazali, że dzieci, które z różnych przyczyn nie spożywają mleka będącego jednym z najlepszych źródeł wapnia w diecie, charakteryzują się niższym wzrostem, mniejszym *aBMD Total Body*, mniejszą zawartością minerału kostnego (*BMC Total Body*) oraz zwiększoną częstością występowania złamań kości[23]. Dodatkowo zaobserwowano, że dzieci, których dieta była uboga w mleko i jego produkty, charakteryzowały się wyższym BMI. Wyniki te potwierdzają wcześniejsze spostrzeżenia, wskazujące, że niskie spożycie wapnia może pobudzać lipogenezę przy jednoczesnym hamowaniu lipolizy, co w konsekwencji przyczynia się do akumulacji tkanki tłuszczowej w organizmie i zwiększonego ryzyka rozwoju otyłości[24]. W przeprowadzonej przez autorów analizie nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w spożyciu wapnia przez dzieci z nadwagą i otyłością oraz z prawidłową masą ciała. Nie wykazano również żadnej zależności między spożyciem wapnia a parametrami badania densytometrycznego kości. Częściowo można to tłumaczyć ogromnym niedoborem tego pierwiastka w diecie, co dotyczy całej badanej populacji. Lanou i wsp., przeprowadzając przegląd randomizowanych badań klinicznych oceniających zależność między spożyciem mleka i jego przetworów oraz suplementacją preparatami wapnia a gęstością calcium consumption and densitometric parameters. This can be partially explained by the significant dietary deficiency of this element throughout the study population. Lanou et al. performed a review of randomised trials assessing the relationship between milk and dairy product consumption as well as calcium supplementation and bone mineral density in children. The authors found that only very few studies in children demonstrated calcium effects on BMD extending beyond the supplementation period; this applied mainly to prepubertal period and was limited to peripheral rather than axial skeleton[25]. However, due to the fact that most fractures in this period affect the bones of the limbs, balanced diet and calcium supplementation seem to play an important role in the prevention of fractures.

Our study showed a statistically significant negative correlation between protein intake and parameters for the assessment of total body bone mineral density. Dietary content of phosphorus had significant negative effects on the selected densitometric parameters in both projections (spine and total body). An assessment of the diet in all three groups of children demonstrated increased intake of protein and products high in phosphorus. This corresponds to the observations of other authors, who have recently reported significantly exceeded dietary standards for protein throughout the population[26]. Chevalley et al. demonstrated that protein intake in prepubertal boys was associated with increased BMC/BMD values, which supports the importance of adequate consumption of calcium and protein as one of factors determining normal bone mineral density[27]. However, the same authors showed that the beneficial effects of calcium supplementation were most pronounced in patients with lower protein intake, whereas the effects of calcium on bone mass were statistically insignificant in the case of excess dietary protein[28]. More than 60% of our patients were characterised by excessive consumption of phosphorus. High serum levels of phosphorus increase the levels of parathyroid hormone (PTH) and resorption. Furthermore, excessive intake of phosphorus limits calcium ion absorption from the gastrointestinal tract and reduces renal production of calcitriol. The negative correlation between the intake of phosphorus and selected spine and total body densitometric parameters observed in our study confirms the observations of other authors on the negative effects of phosphorus on bone mass[29].

The present analysis highlights the prevalent vitamin D deficiency in the developmental age population. The daily dietary demand was unmet in at least 95% of children in all study groups and up to 100% of obese children. Chlebna-Sokół et al., who evaluated children attending schools in Łódź, found an insufficient intake of vitamin D in almost all children, with about 1/3 of nutritional needs met in boys and 1/4 of nutritional needs met in girls[30]. Significant deficiencies in the consumption of cholecalciferol were also demonstrated by More, who analysed American population and showed that adolescent girls were at highest risk of insufficient dietary intake of this vitamin[21].

DOI: 10.15557/PiMR.2017.0055

mineralną kości u dzieci, stwierdzili, że tylko nieliczne badania prowadzone u dzieci wykazują przetrwały poza okres suplementacji wpływ wapnia na BMD; dotyczy to głównie okresu przedpokwitaniowego i jest ograniczone do szkieletu obwodowego, a nie osiowego[25]. Jednak ze względu na fakt, że większość złamań występujących w tym okresie dotyczy kości kończyn, w zapobieganiu im istotne wydają się rola pełnowartościowej diety oraz suplementacja wapniem.

W niniejszej pracy zaobserwowano istotną statystycznie ujemną korelację między spożyciem białka a parametrami oceniającymi gęstość mineralną kości w projekcji *Total Body*. Natomiast zawartość fosforu w jadłospisie znamiennie negatywnie wpływała na wybrane parametry densytometryczne w obydwu badanych projekcjach (*Spine*, *Total Body*). W ocenianej diecie wszystkich trzech grup dzieci stwierdzono nadmierne spożycie białka oraz produktów bogatych w fosfor. Znajduje to potwierdzenie w obserwacjach innych autorów, którzy w ostatnim czasie odnotowali istotne przekroczenie norm żywieniowych białka w całej populacji[26]. Chevalley i wsp. wykazali, że spożycie białka przez chłopców w okresie przedpokwitaniowym wiązało się ze wzrostem wartości BMC/BMD, podkreślając znaczenie odpowiedniego spożycia zarówno wapnia, jak i białka jako jednego z czynników warunkujących prawidłową gęstość mineralną kości[27]. Ci sami autorzy wykazali jednak, że korzystny efekt suplementacji preparatami wapnia był najlepiej widoczny u pacjentów cechujących się mniejszym spożyciem białka, natomiast w przypadku jego nadmiaru w diecie działanie wapnia na masę kostną nie było istotne statystycznie[28]. Ponad 60% spośród badanych przez autorów dzieci cechowało się nadmiernym spożyciem fosforu w diecie. Wysokie stężenie tego pierwiastka w surowicy przyczynia się do wzrostu stężenia parathormonu (PTH) i nasilenia resorpcji. Dodatkowo spożycie fosforu w nadmiernych ilościach ogranicza wchłanianie jonów wapnia w przewodzie pokarmowym oraz obniża produkcję kalcytriolu w nerkach. Obserwowana w niniejszej pracy ujemna zależność między spożyciem tego pierwiastka a wybranymi parametrami badania densytometrycznego zarówno w projekcji *Spine*, jak i *Total Body* potwierdza spostrzeżenia innych autorów o niekorzystnym wpływie fosforu na masę kostną[29].

Niniejsza analiza zwraca uwagę na powszechnie występujący niedobór spożycia witaminy D w populacji wieku rozwojowego. We wszystkich badanych grupach przynajmniej 95% dzieci nie osiągało w swojej diecie zalecanego dziennego zapotrzebowania, natomiast w przypadku pacjentów otyłych odsetek ten stanowił 100%. Chlebna-Sokół i wsp., badając uczniów łódzkich szkół, stwierdzili niedostateczne spożycie witaminy D u niemal wszystkich dzieci, przy czym u chłopców było ono na poziomie około 1/3 zapotrzebowania żywieniowego, a u dziewczynek – na poziomie 1/4[30]. Również More wykazała znaczne niedobory w spożyciu cholekalcyferolu wśród populacji amerykańskiej, wskazując, że nastoletnie dziewczynki stanowią grupę najbardziej narażoną na niedostateczną podaż tej witaminy w diecie[21].

Our study showed no relationship between vitamin D intake and DXA-assessed bone mass. This may result from the fact that only about 10% of serum vitamin D levels, and thus its bone levels, come from dietary sources and the UVB-mediated production of vitamin D is of decisive importance. Nonetheless, daily diet plays an important role in the prevention of both obesity, osteoporosis and reduced bone mineral density.

CONCLUSIONS

1. The bone mass status in obese children is mostly affected by somatic parameters, such as body weight, height, waist circumference and body composition as well as physical activity, all of which are positively correlated with bone mineral density. Bone mass is adversely affected by excessive intake of some nutrients, mainly proteins, carbohydrates, phosphorus and magnesium.
2. Conversion of classical densitometric results into volumetric bone mineral density (vBMD) may reflect the actual bone mineral density, which allows to avoid overestimation of DXA results in obese patients.

Conflict of interest

The authors do not report any financial or personal connections with other persons or organizations, which might negatively affect the content of this publication and/or claim authorship rights to this publication.

W niniejszej pracy nie stwierdzono zależności między spożyciem witaminy D a masą kostną ocenianą w badaniu DXA. Wyjaśnienie tych wyników można wiązać z tym, że witamina D dostarczana z dietą odpowiada jedynie w około 10% za jej stężenie w surowicy i tym samym w kośćcu, a decydujące znaczenie ma jej produkcja w skórze pod wpływem promieni UVB. Codzienna dieta odgrywa jednak istotną rolę w zapobieganiu zarówno otyłości, jak i osteoporozie czy obniżonej gęstości mineralnej kości.

WNIOSKI

1. Na stan masy kostnej dzieci otyłych największy wpływ mają cechy somatyczne, takie jak: masa ciała, wysokość, obwód talii i skład ciała oraz aktywność fizyczna, które wykazują dodatnią zależność z gęstością mineralną kości. Na stan masy kostnej wpływa niekorzystnie nadmierne spożycie niektórych składników pokarmowych, głównie białka, węglowodanów, fosforu i magnezu.
2. Przeliczenie klasycznego wyniku badania densytometrycznego na objętościową gęstość mineralną kości (vBMD) może odzwierciedlać rzeczywistą gęstość mineralną kości, co w przypadku otyłości zapobiega przeszacowaniu wyniku pomiaru DXA.

Konflikt interesów

Autorzy nie zgłaszają żadnych finansowych ani osobistych powiązań z innymi osobami lub organizacjami, które mogłyby negatywnie wpłynąć na treść publikacji oraz rościć sobie prawo do tej publikacji.

Piśmiennictwo / References

1. De Arruda Moreira M, Coelho Cabral P, Da Silva Ferreira H et al.: Prevalence and factors associated with overweight and obesity in children under five in Alagoas, Northeast of Brazil; a population-based study. Nutr Hosp 2014; 29: 1320–1326.
2. de Onis M, Blössner M, Borghi E: Global prevalence and trends of overweight and obesity among preschool children. Am J Clin Nutr 2010; 92: 1257–1264.
3. Klein KO, Larmore KA, de Lancey E et al.: Effect of obesity on estradiol level, and its relationship to leptin, bone maturation, and bone mineral density in children. J Clin Endocrinol Metab 1998; 83: 3469–3475.
4. Weiler HA, Janzen L, Green K et al.: Percent body fat and bone mass in healthy Canadian females 10 to 19 years of age. Bone 2000; 27: 203–207.
5. Gracia-Marco L, Ortega FB, Jiménez-Pavón D et al.: Adiposity and bone health in Spanish adolescents. The HELENA study. Osteoporos Int 2012; 23: 937–947.
6. Dimitri P, Wales JK, Bishop N: Fat and bone in children: differential effects of obesity on bone size and mass according to fracture history. J Bone Miner Res 2010; 25: 527–536.
7. Kułaga Z, Różdżyńska A, Palczewska I et al.; Grupa Badaczy OLAF: Siatki centylowe wysokości, masy ciała i wskaźnika masy ciała dzieci i młodzieży w Polsce – wyniki badania OLAF. Stand Med Pediatr 2010; 7: 690–700.
8. Jarosz M (ed.): Normy żywienia dla populacji polskiej – nowelizacja. Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa 2012. Available from: http://www.izz.waw.pl/attachments/article/33/NormyZywieniaNowelizacjaIZZ2012.pdf [cited: 10 July 2016].
9. Carvalho WR, Gonçalves EM, Ríbeiro RR et al.: Influence of body composition on bone mass in children and adolescents. Rev Assoc Med Bras (1992) 2011; 57: 662–667.
10. Rocher E, Chappard C, Jaffre C et al.: Bone mineral density in prepubertal obese and control children: relation to body weight, lean mass, and fat mass. J Bone Miner Metab 2008; 26: 73–78.
11. Garnett SP, Högler W, Blades B et al.: Relation between hormones and body composition, including bone, in prepubertal children. Am J Clin Nutr 2004; 80: 966–972.
12. El Hage R, El Hage Z, Jacob C et al.: Bone mineral content and density in overweight and control adolescent boys. J Clin Densitom 2011; 14: 122–128.
13. Fischer S, Milinarsky A, Giadrosich V et al.: X-ray absorptiometry of bone in obese and eutrophic children from Valparaiso, Chile. J Rheumatol 2000; 27: 1294–1296.
14. Lonzer MD, Imrie R, Rogers D et al.: Effects of heredity, age, weight, puberty, activity, and calcium intake on bone mineral density in children. Clin Pediatr (Phila) 1996; 35: 185–189.
15. Katzman DK, Bachrach LK, Carter DR et al.: Clinical and anthropometric correlates of bone mineral acquisition in healthy adolescent girls. J Clin Endocrinol Metab 1991; 73: 1332–1339.
16. Wosje KS, Khoury PR, Claytor RP et al.: Adiposity and TV viewing are related to less bone accrual in young children. J Pediatr 2009; 154: 79–85.e2.
17. Goulding A: Risk factors for fractures in normally active children and adolescents. Med Sport Sci 2007; 51: 102–120.
18. VandenBergh MF, DeMan SA, Witteman JC et al.: Physical activity, calcium intake, and bone mineral content in children in The Netherlands. J Epidemiol Community Health 1995; 49: 299–304.
19. Wosje KS, Khoury PR, Claytor RP et al.: Dietary patterns associated with fat and bone mass in young children. Am J Clin Nutr 2010; 92: 294–303.
20. Veses AM, Martínez-Gómez D, Gómez-Martínez S et al.; AVENA; AFINOS Study Groups: Physical fitness, overweight and the risk of eating disorders in adolescents. The AVENA and AFINOS studies. Pediatr Obes 2014; 9: 1–9.
21. More J: Children's bone health and meeting calcium needs. J Fam Health Care 2008; 18: 22–24.
22. Rusińska A, Michałus I, Karalus J et al.: [The vitamin D and calcium consumption and bone quality in children of Łódź (Poland) at the age 9–13 years]. Pediatr Endocrinol Diabetes Metab 2011; 17: 82–87.
23. Black RE, Williams SM, Jones IE et al.: Children who avoid drinking cow milk have low dietary calcium intakes and poor bone health. Am J Clin Nutr 2002; 76: 675–680.
24. Zemel MB, Shi H, Greer B et al.: Regulation of adiposity by dietary calcium. FASEB J 2000; 14: 1132–1138.
25. Lanou AJ, Berkow SE, Barnard ND: Calcium, dairy products, and bone health in children and young adults: a reevaluation of the evidence. Pediatrics 2005; 115: 736–743.
26. Kiliańska A, Chlebna-Sokół D, Kulińska-Szukalska K: Ocena wartości odżywczej całodziennych racji pokarmowych dzieci łódzkich w wieku szkolnym – składniki podstawowe. Przegl Pediatr 2008; 38: 20–24.
27. Chevalley T, Ferrari S, Hans D et al.: Protein intake modulates the effect of calcium supplementation on bone mass gain in prepubertal boys. J Bone Miner Res 2002; 17 Suppl 1: S172.
28. Chevalley T, Bonjour JP, Ferrari S et al.: Skeletal site selectivity in the effects of calcium supplementation on areal bone mineral density gain: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial in prepubertal boys. J Clin Endocrinol Metab 2005; 90: 3342–3349.
29. Pinheiro MM, Schuch NJ, Genaro PS et al.: Nutrient intakes related to osteoporotic fractures in men and women – the Brazilian Osteoporosis Study (BRAZOS). Nutr J 2009; 8: 6.
30. Chlebna-Sokół D, Kiliańska A, Kulińska-Szukalska K et al.: Zdrowe kości. Uwarunkowania rozwoju masy kostnej u dzieci łódzkich w wieku szkolnym. Wyd. PPH exall sp. z o.o., Łódź 2007: 44–51.