

LUBA BILCZUK, JADWIGA JASTRZĘBSKA, HANNA MACH, ZOFIA EBERTOWSKA,
JACEK ZWOLIŃSKI, LESZEK CYGAN*

ZAWARTOŚĆ KADMU W CAŁODZIENNYCH RACJACH POKARMOWYCH DZIECI WIEJSKICH W WIEKU SZKOLNYM

CADMIUM CONTENT IN DAILY FOOD RATIONS OF RURAL SCHOOL-AGE CHILDREN

Z Zakładu Żywienia Instytutu Medycyny Wsi w Lublinie
Kierownik: dr J. Jastrzębska

Zawartość kadmu, oznaczona w 230 całodziennych indywidualnych racjach pokarmowych dzieci wiejskich w wieku szkolnym, wahała się w granicach od 6,2 do 568,7 µg/osobę/dzień przy wartości mediany 31,3 µg. Przeciętne dzienne pobranie kadmu w przeliczeniu na kilogram masy ciała przekracza wartość 1 µg – dawkę uznaną przez FAO/WHO za tymczasowo dopuszczalną dla dorosłych.

Kadm jest pierwiastkiem toksycznym, stanowiącym zagrożenie dla zdrowia nawet w małych dawkach, ze względu na zdolność do kumulacji w organizmie. Szacuje się, że w populacji nie narażonej zawodowo, około 80 – 90% dawki kadmu dostaje się do organizmu drogą pokarmową [4, 14]. W myśl tymczasowych ustaleń Komitetu Ekspertów FAO/WHO – dla kadmu tygodniowa dawka tolerowana (PTWI) przez dorosłego człowieka wynosi 6,7 – 8,3 µg/kg masy ciała, a w przeliczeniu na człowieka o wzorcowej masie ciała 60 kg 400 – 500 µg [14].

Z przeprowadzonych w Polsce badań nad zawartością metali ciężkich w całodziennych racjach pokarmowych różnych grup ludności wynika, że pobranie kadmu w wielu przypadkach przekracza dawki tolerowane [8, 10, 13, 15]. Dotyczy to zwłaszcza dzieci i młodzieży pobierających niejednokrotnie z pożywieniem – w przeliczeniu na kilogram masy ciała – ilości kadmu przekraczające dawki tolerowane dla dorosłych. *Zawadzka i wsp.* [15] oceniają, że w posiłkach młodzieży w wieku 14 – 18 lat pobieranych ze stołówek internatów na terenie kilkunastu województw w kraju w latach 1982–83, zawartość kadmu w kilku województwach przekraczała nawet w wartościach średnich dawkę tolerowaną dla dorosłego człowieka.

Dane o zawartości kadmu w całodziennych racjach pokarmowych różnych grup ludności w Polsce, dotyczą racji pobieranych z zakładów żywienia zbiorowego (domów dziecka, stołówek), bądź odtwarzanych na podstawie danych o spożyciu produktów wg GUS.

Celem niniejszej pracy była ocena zawartości kadmu w całodziennych racjach pokarmowych dzieci wiejskich w wieku szkolnym, pobieranych z indywidualnych gospodarstw domowych – z uwzględnieniem w omówieniu wyników zawartości wapnia i magnezu w tych racjach.

* Zakład Toksykologii Środowiskowej IMW w Lublinie

MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Badania prowadzono na terenie pięciu wiosek w rejonie Puław. Przedmiotem badań były całodzienne racje pokarmowe dzieci wiejskich w wieku 8–9 i 12–13 lat z wylosowanych gospodarstw, zebrane w 1988 i 1989 roku. Całodzienne posiłki, ilościowo równoważne temu co spożyło w danym dniu dziecko, pobierano przez trzy kolejne dni tygodnia, w dwóch porach roku – wiosną (kwiecień, maj) i jesienią (listopad). Łącznie ocenie poddano 230 całodziennych racji, pobranych od 79 dzieci.

Pobrane racje ważono, homogenizowano i suszono w suszarce z przepływem powietrza w temp. 60°C. Równolegle oznaczano suchą masę posiłków w temp. 105°C. Całkowita masa posiłków wahała się od 700 do 2770 gramów i średnio wynosiła 1550 g w grupie dzieci młodszych i 1770 g w grupie dzieci starszych. W sezonie jesiennym w porównaniu z wiosną przeciętna masa posiłków była o ok. 14% wyższa. Sucha masa badanych racji kształtowała się średnio na poziomie 22% jesienią i 23% wiosną.

Homogenne, 10 gramowe próbki suchej masy diet mineralizowano w tyglach kwarcowych, podnosząc stopniowo temperaturę spalania w piecu do 450°C. W miarę potrzeby mineralizację próbek przyspieszano dodając w trakcie spalania 2 cm³ 10% kw. azotowego (Merck „Suprapur”). Probki odparowywano na łaźni wodnej do sucha i ponownie wstawiano do pieca na 0,5 godz. Popiół rozpuszczano w 2 cm³ kwasu solnego, po czym przenoszono ilościowo do kolb miarowych o poj. 50 cm³. W mineralizatych kadm oznaczano metodą płomieniową ASA na aparacie *Philips Scientific* typ PU 9281, po uprzednim kompleksowaniu z pirolidynoditiokarbaminianem amonu (APDC) w środowisku alkalicznym wobec błękitu bromotymolowego i ekstrakcji do fazy organicznej 4-metylo-2-pentanonu (MIBK) [1]. Równolegle z każdą serią oznaczeń sporządzano próbę odczynnikową; odczytów dokonywano wobec krzywej wzorcowej sporządzonej z roztworu wzorcowego kadmu Titrisol f-my *Merck*. Odczyt z próbek fortyfikowanych wynosił średnio 92%.

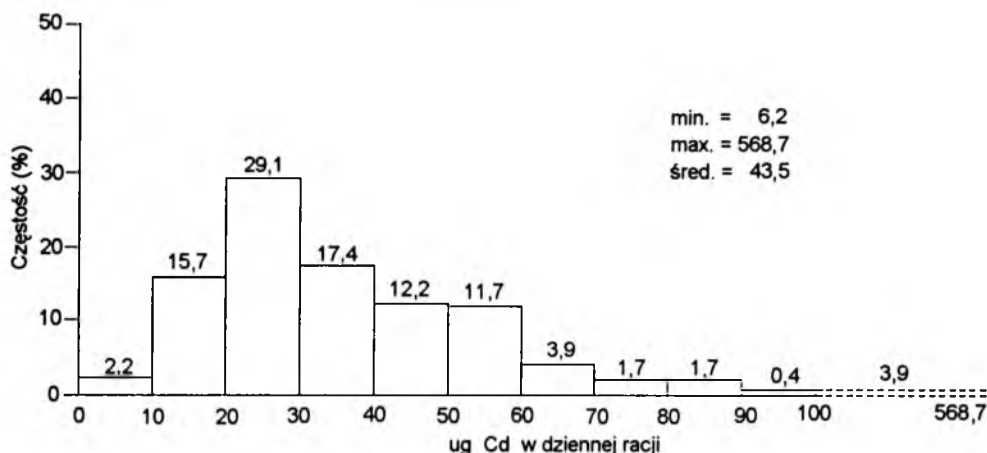
Wykorzystane w omówieniu wyników oznaczenia magnezu i wapnia w analizowanych dietach – wykonano również techniką ASA.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Poziom kadmu oznaczony w indywidualnych całodziennych racjach pokarmowych był bardzo zróżnicowany i wahał się w granicach od 6 do 569 µg/dzień. Przy czym zawartość kadmu przewyższającą górną granicę dawki tolerowanej (tj. 57–71 µg/dzień wg szacunkowych wyliczeń z PTWI) stwierdzono tylko w 16 racjach na 230 zbadanych, co stanowi ok. 7%. Najwięcej całodziennych posiłków (29% badanych próbek zawierało kadm w ilościach od 20 do 30 µg (ryc. 1).

Średnie stężenie kadmu w ocenianych racjach pokarmowych wynosiło 27 ± 33 µg/kg mokrej masy posiłku, przy medianie 20,3 µg/kg i zakresie wartości od 4 do 374 µg/kg. W 13 racjach pokarmowych, co stanowi 5,6% z ogólnej liczby przebadanych, stężenie kadmu przekraczało wartość 50 µg/kg masy posiłku.

Wyjaśnienia wymaga wyjątkowo duże zróżnicowanie zawartości kadmu w badanych racjach, oraz wartości skrajne stwierdzonej w kilku przypadkach bardzo wysokiej zawartości kadmu, w porównaniu z danymi z piśmiennictwa krajowego [7, 11, 12], które dotyczą racji pobieranych z zakładów żywienia zbiorowego, bądź odtworzanych z produktów rynkowych na podstawie danych o spożyciu, podawanych przez GUS [2]. Wyjątkowo wnikliwa analiza laboratoryjna tych przypadków wyklucza błąd analityczny. Wydaje się, że może się to wiązać z bardziej zróżnicowaną technologią przygotowywania posiłków w indywidualnych gospodarstwach domowych, z używaniem naczyń i sprzętu gospodarstwa domowego, z których to źródeł



Ryc. 1. Rozkład zawartości kadmu w dziennych racjach pokarmowych.
Frequency distribution of cadmium in daily food rations

może pochodzić zanieczyszczenie kadmem, a także z różną jakością wody pitnej pochodzącej z indywidualnych studni przydomowych.

Analizując wyniki zawartości kadmu w posiłkach w zależności od pory roku nie stwierdzono istotnych różnic, chociaż w okresie jesiennym przeciętny poziom kadmu w racjach był nieco wyższy ($48,3 \mu\text{g}$) w porównaniu z wynikami badań wiosennych ($40,0 \mu\text{g}$).

Nie stwierdzono również istotnej różnicy w poziomie kadmu w dziennych racjach pokarmowych dzieci młodszych (8–9 lat) i starszych (12–13 lat) (Tab. I). Średnia zawartość kadmu w ocenianych racjach kształtowała się na poziomie $43,5 \pm 52,6 \mu\text{g}$. Z uwagi na skośny rozkład tej cechy (ryc. 1) przeciętną zawartość kadmu w racjach lepiej charakteryzuje wartość mediany, która jest niższa i wynosi $31,3 \mu\text{g}$. Poziom kadmu w badanych racjach, poniżej którego zarejestrowano 90% wyników, wynosił $63,9 \mu\text{g}$ – co w przeliczeniu na tygodniowe pobranie stanowi ok. $450 \mu\text{g}$. Wartość ta leży w granicach tymczasowo tolerowanego tygodniowego pobrania (PTWI) kadmu dla osób dorosłych. Uwzględniając jednak w wyliczeniach PTWI masę ciała badanych dzieci, która wynosiła średnio $32 \pm 9 \text{ kg}$ – PTWI dla badanej populacji nie powinno przekraczać wartości $214\text{--}266 \mu\text{g/osobę/tydzień}$.

Tabela I. Kadm w dziennych racjach pokarmowych.
Cadmium in daily food rations.

Wiek dzieci	Liczba racji pokarmowych n	Pobranie kadmu $\mu\text{g/osobę/dzień}$			
		średnio	odchylenie standardowe	mediana	d
8 – 9 lat	120	41,4	42,1	31,4	57,9
12 – 13 lat	110	45,9	62,1	31,4	66,6
Ogółem	230	43,5	52,6	31,3	63,9

d – wartość 90-ego percentyla

Dla każdego dziecka wyliczono również tygodniowe pobranie kadmu z jego zawartości w racjach pokarmowych danego dziecka z trzech kolejnych dni. Średnio kształtowało się ono na poziomie $307 \pm 262 \mu\text{g}/\text{osobę}/\text{tydzień}$, przy medianie $243 \mu\text{g}$ i zakresie wartości od 77 do $1851 \mu\text{g}$. Dolna granica PTWI wg ustaleń WHO dla osób dorosłych (tj. $400 \mu\text{g}$) była przekroczona w przypadku 9 dzieci na 79 badanych, co stanowi ok. 11%.

Po przeliczeniu tygodniowego pobrania kadmu na kilogram masy ciała badanych dzieci wynosiło ono średnio $12,3 \mu\text{g}/\text{kg m.c.}/\text{tydzień}$, przy medianie $8,1 \mu\text{g}$ i zakresie wartości $2,1\text{--}58,8 \mu\text{g}$. Górna granica wartości tolerowanej wg WHO ($6,7\text{--}8,3 \mu\text{g}/\text{kg m.c.}/\text{tydzień}$) była przekroczona w przypadku 37 dzieci na 79 badanych co stanowi 47%. Najwyższy wynik przekraczał 7-krotnie górną granicę wartości tolerowanej. Są to wyniki niepokojące, bo kadm należy do pierwiastków kumulujących się w organizmie, a w przypadku dzieci, ze względu na większą dynamikę przemian metabolicznych, wchłanianie kadmu może być wyższe i dawki bezpieczne jeszcze dla człowieka dorosłego mogą być już niebezpieczne dla dzieci, tym bardziej, że przypadają na niższą masę ciała.

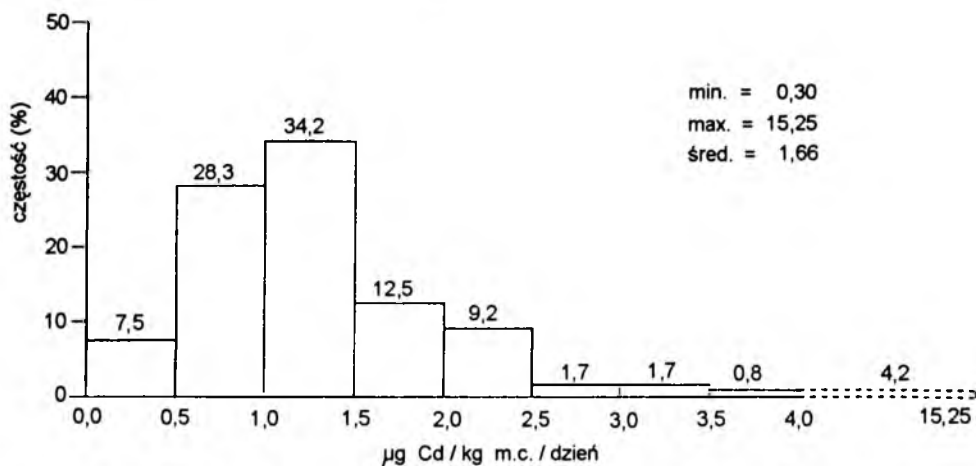
Dopuszczalne pobranie kadmu ustalone przez WHO, dotyczy wprawdzie pobrania tygodniowego i ze względu na kumulacyjne właściwości kadmu nie powinno być podstawą do obliczania tolerowanej dawki dziennej, to dla interpretacji wyników przekrojowych badań, dotyczących zawartości kadmu w dziennych racjach pokarmowych, takie wyliczenie może być pomocne. Szacunkowo, wyliczone z PTWI dzienne pobranie kadmu na kg masy ciała nie powinno przekraczać wartości $0,95\text{--}1,19 \mu\text{g}$. Masa ciała dzieci, w omawianych badaniach, wynosiła średnio w przypadku dzieci młodszych (8–9 lat) – $26,2 \pm 4,9 \text{ kg}$, a w przypadku dzieci starszych (12–13 lat) – $38,7 \pm 7,6 \text{ kg}$. Po przeliczeniu dziennego pobrania kadmu na kilogram masy ciała, okazało się, że nawet wartości średnie przekraczają dawkę tolerowaną, za którą w przypadku dzieci można przyjąć wartość bliższą dolnej granicy dawki tolerowanej dla dorosłych tj. $1 \mu\text{g}/\text{kg m.c.}$

W grupie dzieci młodszych pobranie kadmu wynosiło średnio $1,66 \mu\text{g}/\text{kg m.c.}/\text{dzień}$, przy zakresie wartości $0,3\text{--}15,2 \mu\text{g}$ i było istotnie wyższe ($p=0,001$) niż w grupie dzieci starszych, gdzie wynosiło średnio $1,26 \mu\text{g}/\text{kg m.c.}/\text{dzień}$ przy zakresie wartości $0,1\text{--}13,9 \mu\text{g}$ (tab. II). Wyższe pobranie kadmu w przeliczeniu na masę ciała przez dzieci młodsze wynika przede wszystkim z ich niższej masy ciała, bo zawartość kadmu w racjach była w obu grupach zbliżona.

Tabela II. Dzielne pobranie kadmu przez dzieci w $\mu\text{g}/\text{kg}$ masy ciała.
Cadmium daily intake by children in $\mu\text{g}/\text{kg}$ body weight.

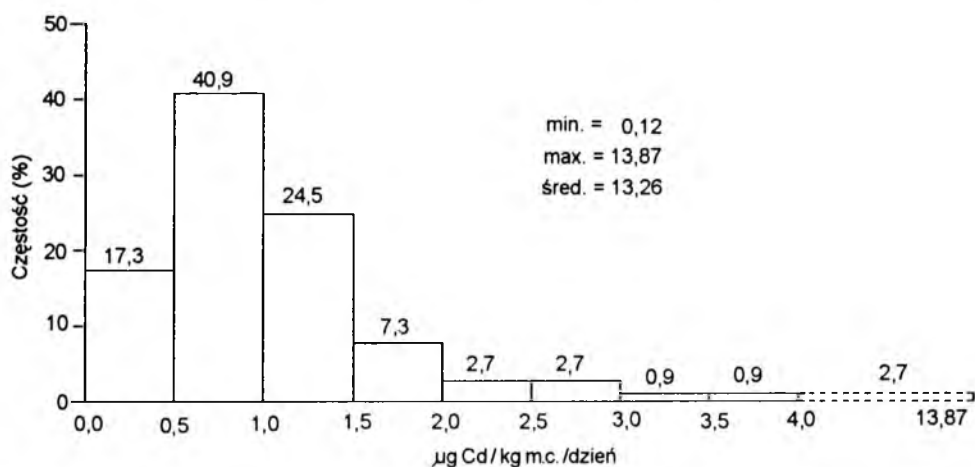
Wiek dzieci	Liczba racji pokarmowych n	Pobranie kadmu $\mu\text{g}/\text{dzień}/\text{kg}$ masy ciała		
		średnio	odchylenie standardowe	zakres
8 – 9 lat	120	1,66	1,98	0,3–15,2
12 – 13 lat	110	1,26	1,69	0,1–13,9

Rozkład wartości dotyczących dziennego pobrania kadmu w przeliczeniu na kilogram masy ciała w obu grupach dzieci, ilustrują diagramy na rycinach 2 i 3. W grupie dzieci młodszych, dzienne pobranie kadmu w ilości nie przekraczającej $1 \mu\text{g}/\text{kg m.c.}$



Ryc. 2. Rozkład dziennego pobrania kadmu w grupie dzieci 8-9 letnich w przeliczeniu na kilogram masy ciała

Frequency distribution of daily cadmium intake in 8-9-years-old children per kilogram body weight



Ryc. 3. Rozkład dziennego pobrania kadmu w grupie dzieci 12-13 letnich w przeliczeniu na kilogram masy ciała.

Frequency distribution of daily cadmium intake in 12-13-years-old children per kilogram body weight

zapewniało jedynie ok. 36% racji pokarmowych. Zatem w 64% przypadków pobranie kadmu przekroczyło wartość tolerowaną – w tym w 18% przypadków wartość tolerowana była przekroczona ponad 2-krotnie. W grupie dzieci starszych w 42% przypadków pobranie kadmu przekraczało wartość tolerowaną – w tym w 10% przypadków wartość tolerowana przekroczona była ponad 2-krotnie. Wyniki badań toksykologicznych i epidemiologicznych wskazują, że pobranie kadmu dwukrotnie

przekraczające wartość przyjętą przez Światową Organizację Zdrowia za tolerowaną, po dłuższym okresie powoduje u ludzi wyraźne zmiany chorobowe w nerkach [9].

W świetle przytoczonych wyników badań, należy stwierdzić, iż oceniając zagrożenia zdrowia dzieci wynikające z obecności metali ciężkich w żywności, tygodniowe (bądź dzienne) ich pobranie należy przeliczać na kilogram masy ciała dziecka i dopiero te wartości można odnosić do wartości tolerowanego pobrania tymczasowo ustalonego przez Komitet Ekspertów FAO/WHO.

Jednym z czynników dietetycznych wpływających w dużym stopniu na wchłanianie i dalsze losy kadmu w organizmie jest zawartość wapnia i magnezu w pożywieniu [3, 5, 16]. Większość badanych racji pokarmowych nie pokrywała zapotrzebowania na wapń i magnez tej grupy dzieci. W stosunku do zalecanego dziennego spożycia – 800 mg wapnia i 250 – 300 mg magnezu – ponad 10%-owym niedoborem tych pierwiastków charakteryzowało się 62% badanych racji w przypadku wapnia i 89% w przypadku magnezu.

Nie stwierdzono korelacji między zawartością kadmu a zawartością wapnia i magnezu w racjach pokarmowych. W racjach niedoborowych w wapń, molowy stosunek kadmu do wapnia wynosił $3,50 \times 10^{-5}$ i był dwukrotnie wyższy w porównaniu z racjami o dostatecznej zawartości wapnia – $1,61 \times 10^{-5}$. W racjach niedoborowych w magnez, molowy stosunek kadmu do magnezu wynosił $5,9 \times 10^{-5}$ i był ponad półtora razy wyższy w porównaniu z racjami o dostatecznej zawartości magnezu – $3,57 \times 10^{-5}$.

Niedobór wapnia może sprzyjać kumulacji kadmu w narządach wewnętrznych. W badaniach na szczurach, *Żechałko i wsp.* [16] stwierdzili zwiększoną kumulację kadmu w nerkach, wątrobie i kościach u zwierząt na diecie niskowapniowej. *Madej i wsp.* [6] stwierdzili wyraźne nasilenie objawów neurotoksycznych w zatruciu metalami ciężkimi (m.in. kadmem) u szczurów na diecie ubogiej w wapń. Magnez wywiera częściowo działanie antagonistyczne wobec rakotwórczego działania kadmu, a także zapobiega wywołanemu przez kadm rozprzęgnięciu fosforylacji w mitochondriach wątroby [cyt. za 3].

Niedobór wapnia i magnezu w racjach pokarmowych, dość powszechnie stwierdzany w zwyczajowo spożywanych posiłkach w Polsce, może pogłębiać zagrożenie zdrowia wynikające z obecności kadmu w żywności.

WNIOSKI

1. W przypadku dzieci, oceniając zagrożenia wynikające z obecności kadmu w racjach pokarmowych w odniesieniu do PTWI wg ustaleń WHO, należy przeliczać pobranie tego pierwiastka na kilogram masy ciała.

2. Tygodniowe pobranie kadmu przez dzieci wiejskie w wieku szkolnym z rejonu Puław w przeliczeniu na kilogram masy ciała w 47% przypadków przekraczało wartości tolerowanego pobrania wg WHO ($8,3 \mu\text{g}/\text{kg m.c./tydzień}$).

3. Pobranie kadmu przekraczające dopuszczalną dawkę przy równoczesnym niedoborze wapnia i magnezu w badanych racjach pokarmowych może pogłębiać stopień zagrożenia zdrowia dzieci objętych badaniami.

L. Lyczuk, J. Jastrzębska, H. Mach, Z. Ebertowska, J. Zwoliński, L. Cygan

CADMIUM CONTENT IN DAILY FOOD RATIONS OF RURAL SCHOOL-AGE CHILDREN

Summary

Cadmium was determined in 230 daily food rations of children aged 8–9 years and 12–13 years. The study was carried out in spring and in autumn during three successive days. Daily meals were collected from the households selected in the area of five villages. Cadmium was determined by the extraction ASA method, after dry mineralization at about 450°C.

The level of cadmium in the examined food rations varied from 6 to 569 $\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$, with the mean value of $43.5 \pm 52.6 \mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$, and the median of 31.3 μg . In 93% of food rations the amount of cadmium was below the upper limit – the dose permitted by the WHO for adults i.e. 57–71 $\mu\text{g}/\text{day}$.

Considering the children's smaller body weight the daily cadmium intake in food rations was converted into the daily cadmium intake per 1 kilogram body weight. In the group of children aged 8–9 years cadmium intake was 0.3–15 μg , with the mean value of 1.7 μg , and in the group of 12–13-years-old children it was 0.1–13.9 μg , with the mean of 1.3 μg . Only 36% of food rations in the group of younger children and 58% of food rations in the older group contained the amount of cadmium below the tolerable value of 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ body weight/day.

The weekly cadmium intake was calculated for each child based on its amount in daily food rations during the successive three days. The mean value was 12.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ body weight, with the median of 8.1 μg , within the range of values 2.1–58.8 μg . The upper limit of tolerable value permitted by WHO i.e. 6.7–8.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ b.w./week was exceeded in 37 out of 79 children in the study, which makes up 47%. Moreover, the great majority of the examined food rations did not satisfy the children's requirements for calcium and magnesium. Cadmium intake exceeding tolerable dose, with a simultaneous calcium and magnesium deficiency increases the health risk.

PIŚMIENICTWO

1. *Buliński R., Marzec Z.*: Badania porównawcze oznaczenia kadmu i ołowiu w żywności. *Roczn. PZH*, 1986, 37, 400. – 2. *Buliński R., Marzec Z., Koktyś N.*: Ocena krajowych diet pod kątem zawartości wybranych pierwiastków śladowych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 1988, 21, 114. – 3. *Durlach J.*: Magnez w praktyce klinicznej. *PZWL, W-wa*, 1991, 187. – 4. *Dutkiewicz T., Kulka E., Sokółowska D.*: Ocena dróg wchłaniania ołowiu i kadmu u dzieci okręgów przemysłowych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 1982, 15, 41. – 5. *Fowler B.A., Jones M.S., Brown H.W.*: The Morphologic Effects of Chronic Cadmium Administration on the Renal Vasculature of Rats Given Low and Normal Calcium Diets. *Toxicol. App II. Pharmacol.* 1975, 34, 233. – 6. *Madej J.A., Żechalko A., Szymczak J., Biernat J.*: Wpływ niedoborów wapniowych na zmiany histopatologiczne oraz kumulację metali w mózgu szczurów w kompleksowym zatruciu ołowiem, kadmem i rtęcią. *Bromat. Chem. Toksykol.* 1985, 18, 173. – 7. *Marzec Z., Buliński R.*: Ocena całodziennego pobrania kadmu, rtęci i ołowiu z dietami stołówkowymi. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 1990, 23, 16. – 8. *Nabrzyński M., Gajewska R.*: Rtęć, kadm i ołów w całodziennym pożywieniu. *Roczn. PZH*, 1982, 33, 19. – 9. *Nikonorow M., Urbanek-Karłowska B.*: Toksykologia żywności. *PZWL, W-wa*, 1987, 364–367. – 10. *Olejnik D., Walkowska A., Wiśniewska J., Ziemiński R.*: Ocena całodziennego pobrania rtęci, ołowiu i kadmu w posiłkach wybranych grup ludności. *Roczn. PZH*, 1985, 26, 9.
11. *Olejnik D., Wiśniewska J., Walkowska A.*: Ocena tygodniowego pobrania rtęci, ołowiu i kadmu w posiłkach wybranych grup ludności. *Roczn. PZH*, 1982, 23, 385. – 12. *Szymczak J.*,

Regulska B., Iłow R., Biernat J.: Zawartość kadmu, ołowiu i rtęci w posiłkach ze stołówek młodzieżowych. Roczn. PZH, 1984, 35, 327. – 13. *Śmigiel D., Chorąży W., Bliwert K., Filip J., Podsiadło R.*: Zawartość metali ciężkich (Pb, Cd) w racjach pokarmowych wydawanych w przedszkolach. Roczn. PZH, 1987, 38, 480. – 14. WHO.: Evaluation of mercury, lead, cadmium and food additives amaranth diethylpyrocarbonate and octyl gallate. WHO Food Additives, Geneva, 1972. – 15. *Zawadzka T., Wojciechowska-Mazurek M., Brulińska E.*: Spożycie ołowiu i kadmu w całodziennych posiłkach przez młodzież w wieku 14–18 lat.: Roczn. PZH, 1986, 37, 474. – 16. *Żechalko A., Biernat J., Szymczak J.*: Wpływ niedoborów wapnia na kumulację metali w tkankach szczurów zatrutowanych Pb, Cd i Hg oraz Pb+Cd+Hg. Bromat. Chem. Toksykol., 1987, 20, 196.

Dn. 1994.01.07

20-950 Lublin, ul. Jaczewskiego 2