

WAPŃ, MAGNEZ, ŻELAZO I CYNK W WODZIE PITNEJ A STAN ODŻYWIENIA TYMI PIERWIASTKAMI OSÓB STARSZYCH Z REJONU WARSZAWSKIEGO¹

CALCIUM, MAGNESIUM, IRON AND ZINC IN DRINKING WATER AND STATUS BIOMARKERS OF THESE MINERALS AMONG ELDER PEOPLE FROM WARSAW REGION¹

Dawid Madej, Joanna Kałuża, Anna Antonik, Anna Brzozowska, Wojciech Roszkowski

Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji
Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Słowa kluczowe: wapń, magnez, żelazo, cynk, woda pitna, osoby starsze, stan odżywienia

Key words: calcium, magnesium, iron, zinc, drinking water, older people, nutritional status

STRESZCZENIE

Celem pracy była ocena wpływu zawartości wapnia, magnezu, żelaza i cynku w wodzie pitnej na wybrane parametry stanu odżywienia tymi pierwiastkami 164 osób w wieku 75-80 lat zamieszkałych w rejonie warszawskim. Ocenę stanu odżywienia badanymi składnikami mineralnymi przeprowadzono na podstawie pomiaru stężeń pierwiastków w surowicy krwi, ślinie oraz ich zawartości we włosach, natomiast do określenia stężenia pierwiastków w wodzie pobrano próbki wody pitnej, której badani używali do picia i przygotowywania posiłków. Stężenia pierwiastków w analizowanym materiale oznaczono metodą atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej. Wykazano, iż średni udział wody pitnej w spożyciu wapnia, magnezu, żelaza i cynku wynosił odpowiednio 15%, 4%, 5% i 9%. Zależności między zawartością badanych pierwiastków w wodzie pitnej a ich poziomami w surowicy, we włosach i w ślinie charakteryzowały się niskimi współczynnikami korelacji. Może to świadczyć o sprawnych mechanizmach homeostazy organizmu i/lub wpływie na stan odżywienia osób starszych różnorodnych czynników, takich jak czynniki demograficzne, czynniki związane ze stylem życia, stanem zdrowia i inne.

ABSTRACT

The aim of this study was to estimate the influence of calcium, magnesium, iron and zinc contents in drinking water on chosen parameters of nutritional status of these minerals in 164 elder people, 75-80 age, living in Warsaw region. Blood, hair and saliva were collected to assess the calcium, magnesium, iron and zinc nutritional status, while the samples of drinking water were collected to determine these minerals in water. Mineral concentrations in blood, hair, saliva and water were assessment using the atomic spectrophotometer absorption method. It was showed that contribution of drinking water to calcium, magnesium, iron and zinc intake was: 15%, 4%, 5%, 9%, respectively. The relationship between the contents of these minerals in drinking water and their levels in the blood, hair and saliva had low correlation coefficients. It probably showed that homeostasis was maintained in the human body and other factors such as demographic or lifestyle factors were important.

WSTĘP

Postęp cywilizacyjny, który dokonuje się w XXI wieku wpływa na podniesienie jakości życia i wydłuża czas jego trwania. Poprawa warunków bytowych, rozwój medycyny prewencyjnej, diagnostyki i terapii oraz

zmiana stylu życia na bardziej prozdrowotny powodują wydłużanie średniej długości życia, w wyniku czego dochodzi do zmiany struktury demograficznej, przejawiającej się wzrostem odsetka osób w wieku starszym.

Swoiste zjawisko starzenia się społeczeństwa oraz świadomość, iż prawidłowe żywienie może łagodzić,

¹ Praca częściowo finansowana w ramach grantu KBN nr 4P05D01713

Adres do korespondencji: Dawid Madej, Katedra Żywienia Człowieka, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, 02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 159 C, tel. 22 59 37 114, fax 22 59 37 117, e-mail: dawid_madej@sggw.pl

a nawet znacznie ograniczać wiele niekorzystnych objawów zdrowotnych, sprawia, iż rośnie zainteresowanie problemami żywieniowymi osób w wieku starszym.

Spożycie odpowiedniej ilości wody w tej grupie wiekowej jest bardzo ważne. Osoby te są szczególnie narażone na odwodnienie, które może stać się przyczyną poważnych zaburzeń zdrowotnych. Ponadto woda stanowi źródło składników mineralnych, które są w niej rozpuszczone i łatwo absorbowane z przewodu pokarmowego [12, 16].

Zachodzące wraz z wiekiem zmiany fizjologiczne, mogą wpływać na zapotrzebowanie organizmu na składniki mineralne, takie jak: wapń, magnez, żelazo i cynk. Woda pitna stosowana do przygotowywania posiłków, z uwagi na fakt, iż jest spożywana codziennie, a dostęp do niej jest nieograniczony, może stanowić istotne źródło tych składników mineralnych [2, 7, 16, 17].

Wyniki wielu badań wskazują, iż wapń i magnez zawarty w wodzie pitnej pełnią znaczącą rolę w prewencji chorób układu krążenia [18, 22, 23, 24, 36] oraz nowotworów przewodu pokarmowego [37, 38]. W licznych pracach dotyczących wpływu składu wody na ryzyko rozwoju wymienionych schorzeń, stwierdzano występowanie istotnych ujemnych korelacji między twardością wody a występowaniem chorób.

Biorąc powyższe pod uwagę celowym wydaje się przeanalizowanie zależności między zawartością wapnia, magnezu, żelaza i cynku w wodzie pitnej a stanem odżywienia wymienionymi pierwiastkami osób starszych zamieszkałych w rejonie warszawskim.

MATERIAŁ I METODY

Niniejsza praca została zrealizowana jako część projektu badawczego dotyczącego uwarunkowań sposobu żywienia i stanu odżywienia osób starszych w wieku 75-80 lat zamieszkałych w rejonie warszawskim. Ogólne informacje o respondentach zebrano metodą wywiadu kwestionariuszowego. Spożycie wapnia, magnezu, żelaza i cynku określono na podstawie 3-dniowego bieżącego notowania produktów i potraw spożytych przez badane osoby oraz wypijanych napojów.

Przez wodę pitną rozumiano wodę wodociągową lub studzienną, którą osoby starsze używały do przygotowywania posiłków i napojów, w tym wodę wchłoniętą (w ilości 30% objętości produktu po ugotowaniu) przez kasze, makarony, nasiona roślin strączkowych itp.

Krew i ślinę od badanych osób pobierano na czczo w godzinach między 7⁰⁰ a 9⁰⁰. Ponadto od osób, które deklarowały w wywiadzie kwestionariuszowym, że w okresie ostatniego roku nie stosowały zabiegów fryzjerskich typu trwała ondulacja czy farbowanie pobierano próbki włosów (około 0,5 g) z okolicy karku (1-2 cm fragmenty zaczynające się przy skórze głowy).

Pobraną krew (ok. 5 cm³) po wytworzeniu skrzepu wirowano przy 3200 obr./min. przez 10 minut. Użytkowaną surowicę zamrażano w temp. -70 °C do dalszych oznaczeń.

Pobranie próbek śliny spoczynkowej poprzedzało płukanie przez respondentów jamy ustnej 3-krotnie wodą dejonizowaną. Próbki zbierano do plastikowych pojemników, uprzednio wytrawionych w 10% HCl. Ślinę przechowywano w temp. -20 °C do dalszych oznaczeń.

Próbki surowicy, próbki śliny (po uprzednim ich zagęszczeniu) oraz próbki włosów, przygotowane zgodnie z zaleceniami Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej [39] mineralizowano „na mokro” w mikrofalowym systemie roztwarzania próbek Model MARS 5 w 65% HNO₃.

Stężenie składników mineralnych w badanym materiale oznaczono metodą atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej przy użyciu spektrofotometru UNICAM 989. Walidację oznaczeń przeprowadzono analizując materiał odniesienia surowicy (nr kat. Lot 704121) oraz włosów (nr kat. GBW 09101).

Próbki wody pitnej od badanych osób pobierano do plastikowych pojemników wytrawionych w 10% HCl. Pomiary stężeń składników mineralnych w wodzie, po uprzednim jej zakwaszeniu, wykonano w Zakładzie Analiz Fizykochemicznych SGGW z zastosowaniem atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej przy użyciu aparatu Shimadzu AA-660.

Do statystycznego opracowania wyników, w celu porównania cech ilościowych, użyto testu U *Manna-Withneya*, natomiast do określenia zależności pomiędzy stężeniem badanych składników mineralnych w wodzie pitnej a ich poziomem w surowicy, we włosach i w ślinie współczynnika korelacji rang *Spearmana*. Wartości testu U *Manna-Withneya* oraz współczynniki korelacji uznano za istotne przy $p \leq 0,05$.

WYNIKI

Badaną populację stanowiło 87 kobiet (53% badanych) i 77 mężczyzn (47%) w wieku 75-80 lat. Blisko 44% badanych pochodziło ze wsi, natomiast 20% z miasta (tab. 1).

Odpowiednio 41% i 46% badanych oceniło swoją aktywność fizyczną i stan zdrowia jako średni. Ponad 90% kobiet i 70% mężczyzn cierpiało przynajmniej na jedną chorobę przewlekłą. Większość respondentów (55%) oceniła swoją sytuację ekonomiczną jako przeciętną, z kolei 33% badanych uznało ją za złą. W trakcie przeprowadzania wywiadu 44% badanych deklarowało stosowanie suplementów diety, zaś 8,5% paliło papierosy.

Tabela 1. Charakterystyka badanej populacji osób starszych
Characteristics of examined population of elder people

| Wyróżnik | Ogółem n=164 | Kobiety n=87 | Mężczyźni n=77 | Test <i>Chi</i> ² wartość p |
|---|-----------------|-----------------|-------------------|---|
| | % n | % n | % n | |
| Miejsce zamieszkania | | | | |
| miasto | 20,1 | 18,4 | 22,1 | NS |
| miasteczko | 36,0 | 40,2 | 31,2 | |
| wieś | 43,9 | 41,4 | 46,7 | |
| Samoocena sytuacji ekonomicznej | | | | |
| dobra | 12,2 | 10,3 | 14,3 | NS |
| przeciętna | 54,9 | 54,1 | 55,8 | |
| zła | 32,9 | 35,6 | 29,9 | |
| Samoocena aktywności fizycznej | | | | |
| bardzo mała i mała | 30,5 | 34,5 | 26,0 | NS |
| średnia | 40,8 | 42,5 | 39,0 | |
| duża i bardzo duża | 28,7 | 23,0 | 35,0 | |
| Samoocena stanu zdrowia | | | | |
| bardzo zły i zły | 28,1 | 29,9 | 26,0 | NS |
| średni | 45,7 | 43,7 | 48,0 | |
| dobry i bardzo dobry | 26,2 | 26,4 | 26,0 | |
| Choroby przewlekłe (w trakcie badania) | | | | |
| nie | 18,9 | 8,0 | 31,2 | <0,001 |
| tak | 81,1 | 92,0 | 68,8 | |
| Stosowanie suplementów | | | | |
| nie | 56,1 | 46,0 | 67,5 | 0,006 |
| tak | 43,9 | 54,0 | 32,5 | |
| Palenie tytoniu | | | | |
| nie | 91,5 | 96,6 | 85,7 | 0,013 |
| tak | 8,5 | 3,4 | 14,3 | |

NS – nieistotne statystycznie, $p > 0,05$

Dane dotyczące średniego spożycia wody przez badaną populację przedstawiono w tabeli 2. Średni udział wody pitnej w stosunku do całkowitej ilości wody spożytej w ciągu doby stanowił 34% dla ogółu badanych i nie różnił się statystycznie istotnie między kobietami i mężczyznami. Należy jednak zaznaczyć, iż łączne spożycie wody z produktami stałymi, zupami i napojami było statystycznie istotnie większe wśród mężczyzn w porównaniu z kobietami, chociaż w przeliczeniu na kilogram masy ciała na dobę całkowite spożycie wody nie różniło się znacząco dla obu płci i średnio wynosiło $31,9 \pm 8,9 \text{ cm}^3$.

Zawartość badanych składników mineralnych w wodzie pitnej spożywanej przez osoby starsze mieszkające w okolicy Warszawy przedstawiono w tabeli 3. Dla każdego z pierwiastków stwierdzono istotne różnice w stężeniach w zależności od miejsca zamieszkania. Ogółem aż 29% pobranych prób charakteryzowało się zbyt wysokim (powyżej $0,2 \text{ mg/dm}^3$) w stosunku do limitu określonego w przepisach stężeniem żelaza [33]. Jednocześnie pobrane próby charakteryzowały się stosunkowo niską zawartością magnezu ($< 30 \text{ mg/dm}^3$).

W tabeli 4 przedstawiono średnie spożycie z dietą i wodą pitną wybranych składników mineralnych przez

Tabela 2. Średnie spożycie wody, w tym wody pitnej, z dzienną racją pokarmową badanych
The average water consumption with daily diets of elder people, including drinking water

| Spożycie wody | | Ogółem n = 164 | Kobiety n = 87 | Mężczyźni n = 77 |
|--|------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ogółem w cm^3/d^* | x \pm SD | 2277 \pm 636 | 2125 ^a \pm 531 | 2449 ^b \pm 701 |
| | zakres | 1311 \div 4725 | 1311 \div 3839 | 1472 \div 4725 |
| ogółem w $\text{cm}^3/\text{kg m.c.}/\text{d}^*$ | x \pm SD | 31,9 \pm 8,9 | 31,5 \pm 7,9 | 32,2 \pm 9,2 |
| | zakres | 18,4 – 62,2 | 18,4 – 56,9 | 19,4 – 62,2 |
| woda pitna w cm^3/d | x \pm SD | 774 \pm 281 | 734 \pm 230 | 819 \pm 326 |
| | zakres | 94 \div 2030 | 133 \div 1558 | 94 \div 2030 |

* – łącznie z produktów stałych, napojów i zup

a, b – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie na podstawie testu *U Manna-Whitneya*; $p \leq 0,05$

Tabela 3. Zawartość wapnia, magnezu, żelaza i cynku w wodzie pitnej spożywanej przez badaną populację osób starszych
Calcium, magnesium, iron and zinc contents in drinking water consumed by the elder people

| Wyróżnik | | Ogółem n = 164 | Środowisko | | |
|-----------------------------|----------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | | | Miasto n = 33 | Miasteczko n = 58 | Wieś n = 73 |
| Ca (mg/dm ³) | x ± SD | 89,0 ± 27,6 | 85,9^a ± 20,6 | 102^b ± 28,5 | 79,8^c ± 25,7 |
| | mediana | 83,5 | 83,0 | 101 | 75,3 |
| | dolny kwartyl | 72,7 | 80,0 | 86,0 | 68,9 |
| | górnny kwartyl | 104 | 93,6 | 112 | 89,0 |
| | zakres | 7,7 ÷ 189 | 38,1 ÷ 93,6 | 47,4 ÷ 189 | 7,7 ÷ 169 |
| Mg (mg/dm ³) | x ± SD | 12,1 ± 4,9 | 15,3^a ± 1,9 | 12,3^b ± 4,66 | 10,4^c ± 5,4 |
| | mediana | 10,9 | 15,6 | 12,5 | 8,8 |
| | dolny kwartyl | 8,4 | 13,8 | 8,5 | 7,8 |
| | górnny kwartyl | 15,7 | 16,6 | 15,5 | 10,4 |
| | zakres | 0,4 ÷ 25,5 | 10,8 ÷ 19,9 | 0,4 ÷ 25,5 | 2,6 ÷ 25,2 |
| Fe (mg/dm ³) | x ± SD | 0,48 ± 0,96 | 0,18^a ± 0,28 | 0,99^b ± 1,40 | 0,20^a ± 0,36 |
| | mediana | 0,12 | 0,11 | 0,17 | 0,10 |
| | dolny kwartyl | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,04 |
| | górnny kwartyl | 0,34 | 0,20 | 1,19 | 0,17 |
| | zakres | 0,01 ÷ 5,10 | 0,01 ÷ 1,27 | 0,01 ÷ 5,10 | 0,01 ÷ 2,67 |
| Zn (mg/dm ³) | x ± SD | 1,04 ± 1,06 | 0,16^a ± 0,21 | 1,31^b ± 1,11 | 1,23^b ± 1,05 |
| | mediana | 0,64 | 0,07 | 1,03 | 1,03 |
| | dolny kwartyl | 0,15 | 0,04 | 0,31 | 0,35 |
| | górnny kwartyl | 1,68 | 0,21 | 1,96 | 1,87 |
| | zakres | 0,01 ÷ 4,47 | 0,01 ÷ 0,75 | 0,03 ÷ 4,47 | 0,01 ÷ 3,66 |

a, b, c – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie na podstawie testu *U Manna-Whitneya*; p ≤ 0,05

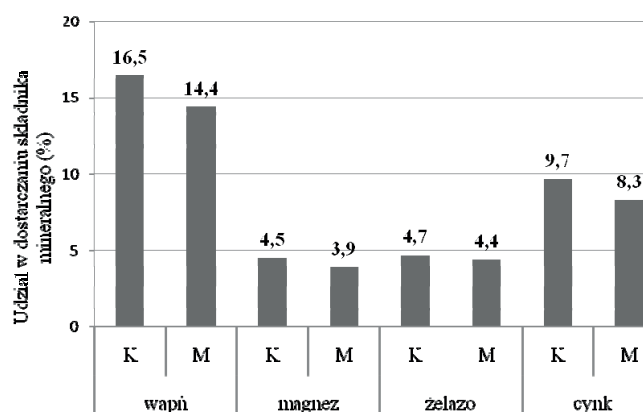
badane osoby starsze. Całkowite spożycie wapnia i magnezu z diety i wodą pitną było za niskie w stosunku do norm żywieniowych, które dla wapnia (AI - wystarczające spożycie) wynoszą 1300 mg/dobę, zaś dla magnezu (EAR – średnie zapotrzebowanie w grupie) 350 mg/dobę dla mężczyzn i 265 mg/dobę dla kobiet.

Tabela 4. Średnie spożycie wybranych składników mineralnych przez osoby starsze
The average intake of selected minerals by elder people

| Wyróżnik | | Kobiety n = 87 | Mężczyźni n = 77 |
|----------------------|--------|---------------------------|---------------------------|
| Wapń (mg/d) | | | |
| Dieta | x ± SD | 454,0 ± 299,7 | 515,1 ± 240,6 |
| Woda pitna | x ± SD | 63,8 ± 26,7 | 74,8 ± 45,6 |
| Razem | x ± SD | 517,8 ± 296,8 | 589,9 ± 239,9 |
| Magnez (mg/d) | | | |
| Dieta | x ± SD | 223,4 ± 99,3 ^a | 277,7 ± 96,8 ^b |
| Woda pitna | x ± SD | 8,6 ± 4,1 | 10,2 ± 6,3 |
| Razem | x ± SD | 232,0 ± 99,0 ^a | 287,9 ± 96,9 ^b |
| Żelazo (mg/d) | | | |
| Dieta | x ± SD | 7,9 ± 3,7 ^a | 11,1 ± 4,4 ^b |
| Woda pitna | x ± SD | 0,36 ± 0,71 | 0,58 ± 1,51 |
| Razem | x ± SD | 8,3 ± 3,7 ^a | 11,7 ± 4,6 ^b |
| Cynk (mg/d) | | | |
| Dieta | x ± SD | 7,9 ± 3,2 ^a | 10,4 ± 3,0 ^b |
| Woda pitna | x ± SD | 0,76 ± 0,79 | 1,08 ± 1,53 |
| Razem | x ± SD | 8,7 ± 3,3 ^a | 11,5 ± 3,5 ^b |

^{a, b} - średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie na podstawie testu *U Manna-Whitneya*; p ≤ 0,05

Średnie całkowite spożycie żelaza szczególnie w grupie badanych mężczyzn, ale też wśród kobiet przekraczało ustalone wartości norm żywieniowych (EAR) dla osób po 75 roku życia (6 mg/dobę). Zarówno w grupie kobiet i mężczyzn średnie spożycie cynku kształtowało się na wysokim poziomie w stosunku do określonego w normach średniego spożycia w grupie (EAR), które dla tej grupy wiekowej wynosi dla kobiet i mężczyzn odpowiednio 6,8 i 9,4 mg/dobę.



Ryc. 1. Procentowy udział wody pitnej w dostarczaniu wapnia, magnezu, żelaza i cynku w racjach pokarmowych badanej populacji osób starszych (K – kobiety, M – mężczyźni)
Percentage of drinking water in the supply of calcium, magnesium, iron and zinc in daily diets of the older people under study (K - female, M - men)

Średni procentowy udział wody pitnej w spożyciu wapnia i cynku z dziennymi racjami pokarmowymi był wysoki (rycina 1), wynosił odpowiednio 17% i 10% w racjach pokarmowych kobiet oraz 14% i 8% w racjach pokarmowych mężczyzn. Udział wody pitnej w dostarczaniu magnezu, podobnie jak w przypadku udziału wody pitnej w dostarczaniu żelaza, stanowił niespełna 5% w grupie kobiet oraz 4% w grupie mężczyzn.

z wyjątkiem stężenia wapnia we włosach mężczyzn ($388 \pm 331 \mu\text{g/g s.m.}$), które było niższe od wartości uznawanych za prawidłowe ($400\text{--}1000 \mu\text{g/g s.m.}$). W przypadku śliny nie ma ustalonych wartości referencyjnych, do których można byłoby porównywać uzyskane wyniki.

W tabeli 6 przedstawiono związki korelacyjne między zawartością wapnia, magnezu, żelaza i cynku w 1 dm^3 wody pitnej a ich poziomami w surowicy, w ślinie

Tabela 5. Stężenie wapnia, magnezu, żelaza i cynku w surowicy, we włosach i w ślinie badanych osób starszych
Calcium, magnesium, iron and zinc content in serum, hair and saliva of the elder people

| Wyróżnik | Średnie stężenie składnika mineralnego | | | | | | | | | | |
|---------------|--|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------|
| | Surowica ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) | | | | Włosy ($\mu\text{g}/\text{g s.m.}$) | | | | Ślina ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) | | |
| | Ogółem n = 164 | Kobiety n = 87 | Mężczyźni n = 77 | Wartości referenc.* | Ogółem n = 164 | Kobiety n = 87 | Mężczyźni n = 77 | Wartości referenc.** | Ogółem n = 164 | Kobiety n = 87 | Mężczyźni n = 77 |
| Wapń | | | | | | | | | | | |
| x \pm SD | 95,7 \pm 13,3 | 96,1 \pm 12,7 | 95,3 \pm 14,0 | 80–105 | 469 \pm 411 | 599 ^a \pm 491 | 388 ^b \pm 331 | 400– 1000 | 71,3 \pm 20,9 | 72,1 \pm 18,9 | 70,4 \pm 23,0 |
| mediana | 92,4 | 93,1 | 91,7 | | 313 | 402 | 254 | | 66,6 | 71,5 | 60,9 |
| 1 kwartył | 87,9 | 88,9 | 87,2 | | 222 | 274 | 196 | | 56,4 | 59,4 | 56,0 |
| 3 kwartył | 101,1 | 100,1 | 102,3 | | 522 | 672 | 480 | | 80,4 | 81,8 | 78,5 |
| zakres | 67 \div 161 | 77 \div 146 | 67 \div 161 | | 91 \div 1927 | 98 \div 1927 | 91 \div 1457 | | 35 \div 157 | 35 \div 128 | 42 \div 157 |
| Magnez | | | | | | | | | | | |
| x \pm SD | 20,1 \pm 1,9 | 20,3 \pm 2,0 | 19,9 \pm 1,8 | 19–25 | 33,1 \pm 22,6 | 35,4 \pm 22,0 | 31,8 \pm 23,0 | 20–40 | 7,3 \pm 3,4 | 6,9 \pm 2,5 | 7,8 \pm 4,1 |
| mediana | 20,4 | 20,4 | 20,2 | | 28,0 | 31,1 | 26,4 | | 6,8 | 6,9 | 6,7 |
| 1 kwartył | 19,0 | 19,1 | 18,8 | | 17,3 | 18,5 | 16,9 | | 5,0 | 4,9 | 5,0 |
| 3 kwartył | 21,4 | 21,6 | 21,3 | | 42,7 | 48,7 | 34,3 | | 9,0 | 8,6 | 9,4 |
| zakres | 12,6 \div 25,8 | 12,6 \div 25,8 | 16,0 \div 24,1 | | 2,9 \div 110,2 | 2,9 \div 100,8 | 3,9 \div 110,2 | | 2,0 \div 21,7 | 2,3 \div 13,4 | 2,0 \div 21,7 |
| Żelazo | | | | | | | | | | | |
| x \pm SD | 1,33 \pm 0,45 | 1,26 ^a \pm 0,44 | 1,40 ^b \pm 0,45 | 0,5–1,75 | 18,0 \pm 10,3 | 17,5 \pm 8,8 | 18,3 \pm 11,2 | 12–30 ^{***} | 0,42 \pm 0,28 | 0,42 \pm 0,28 | 0,43 \pm 0,29 |
| mediana | 1,34 | 1,23 | 1,41 | | 15,3 | 16,1 | 14,9 | | 0,35 | 0,35 | 0,36 |
| 1 kwartył | 0,98 | 0,95 | 1,12 | | 10,2 | 9,3 | 11,1 | | 0,21 | 0,22 | 0,21 |
| 3 kwartył | 1,63 | 1,58 | 1,78 | | 24,0 | 24,1 | 22,8 | | 0,57 | 0,55 | 0,66 |
| zakres | 0,32 \div 2,44 | 0,32 \div 2,43 | 0,46 \div 2,44 | | 5,4 \div 54,2 | 5,4 \div 39,6 | 5,5 \div 54,2 | | 0,04 \div 1,42 | 0,04 \div 1,26 | 0,05 \div 1,42 |
| Cynk | | | | | | | | | | | |
| x \pm SD | 1,05 \pm 0,32 | 1,04 \pm 0,33 | 1,05 \pm 0,31 | 0,7–1,2 | 183 \pm 55 | 191 ^a \pm 51 | 178 ^b \pm 57 | 160–200 | 0,37 \pm 0,19 | 0,38 \pm 0,18 | 0,35 \pm 0,20 |
| mediana | 0,99 | 0,98 | 1,00 | | 174 | 189 | 166 | | 0,33 | 0,36 | 0,28 |
| 1 kwartył | 0,85 | 0,82 | 0,87 | | 155 | 159 | 149 | | 0,22 | 0,22 | 0,21 |
| 3 kwartył | 1,18 | 1,20 | 1,13 | | 201 | 211 | 190 | | 0,49 | 0,52 | 0,44 |
| zakres | 0,54 \div 1,98 | 0,54 \div 1,98 | 0,56 \div 1,98 | | 54 \div 421 | 91 \div 358 | 54 \div 421 | | 0,07 \div 1,08 | 0,07 \div 0,89 | 0,09 \div 1,08 |

^{a, b} - średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie na podstawie testu *U Manna-Whitneya*; $p \leq 0,05$

* - wartości referencyjne wg *Jakubowski* i wsp. [13]

** - wartości referencyjne wg *Zachwieja* [39]

*** - wartości referencyjne wg *Graczyk* [10]

W tabeli 5 przedstawiono średnie stężenia wapnia, magnezu, żelaza i cynku w surowicy krwi, we włosach oraz w ślinie badanych osób. Średnie poziomy poszczególnych pierwiastków w surowicy i we włosach badanych mieściły się w zakresie wartości referencyjnych,

i we włosach badanej populacji osób starszych. W wyniku przeprowadzonej analizy wykazano słabą, choć znamienne statystycznie dodatnią korelację między stężeniem wapnia i żelaza w wodzie pitnej a poziomem magnezu we włosach osób starszych.

Tabela 6. Zależności między zawartością badanych składników mineralnych w wodzie pitnej a ich poziomami w surowicy, w ślinie i we włosach (współczynniki korelacji rang *Spearmana*)
The relationships between the content of minerals in drinking water and their levels in serum, saliva and hair (*Spearman's* rank correlation coefficients)

| Pierwiastek | Pierwiastek w wodzie pitnej (mg/dm ³) | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---|---------|-----------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|-----------|---------------|---------------|---------------|
| | wapń | | | magnez | | | żelazo | | | cynk | | |
| | ogółem | kobiety | mężczyźni | ogółem | kobiety | mężczyźni | ogółem | kobiety | mężczyźni | ogółem | kobiety | mężczyźni |
| surowica (µg/cm³) | | | | | | | | | | | | |
| wapń | -0,13 | -0,13 | -0,13 | -0,05 | -0,01 | -0,09 | -0,10 | -0,18 | 0,03 | -0,04 | -0,03 | -0,04 |
| magnez | -0,02 | 0,02 | -0,07 | 0,02 | -0,01 | 0,05 | 0,09 | 0,09 | 0,08 | -0,02 | -0,03 | -0,02 |
| żelazo | 0,04 | -0,04 | 0,11 | -0,05 | 0,08 | 0,06 | 0,01 | -0,10 | -0,08 | -0,24* | -0,23* | -0,23* |
| cynk | -0,05 | -0,10 | 0,02 | 0,09 | -0,12 | 0,02 | -0,10 | -0,08 | 0,12 | -0,10 | -0,18 | -0,02 |
| ślina (µg/cm³) | | | | | | | | | | | | |
| wapń | -0,11 | -0,08 | -0,13 | 0,21* | 0,04 | 0,40* | -0,08 | -0,02 | -0,20 | -0,26* | -0,28* | -0,26* |
| magnez | -0,01 | 0,16 | -0,18 | 0,24* | 0,24* | 0,23** | -0,06 | -0,13 | 0,01 | -0,18* | -0,20** | -0,16 |
| żelazo | -0,05 | 0,01 | -0,10 | 0,09 | -0,02 | 0,18 | 0,02 | 0,11 | -0,06 | 0,13 | 0,28* | -0,05 |
| cynk | -0,03 | 0,04 | -0,09 | 0,06 | -0,01 | 0,15 | -0,03 | -0,03 | -0,01 | -0,03 | 0,17 | -0,10 |
| włosy (µg/g s.m.) | | | | | | | | | | | | |
| wapń | -0,01 | -0,12 | 0,04 | -0,22* | -0,06 | -0,27* | 0,11 | 0,14 | 0,15 | -0,04 | -0,08 | -0,04 |
| magnez | 0,22* | 0,24 | 0,17 | -0,08 | 0,15 | -0,22 | 0,21* | 0,34* | 0,17 | 0,02 | 0,04 | 0,01 |
| żelazo | -0,13 | -0,21 | -0,06 | -0,16 | -0,07 | -0,20 | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,19* | 0,11 | 0,24* |
| cynk | 0,13 | 0,21 | 0,03 | -0,01 | 0,10 | -0,02 | 0,06 | 0,21 | -0,03 | 0,05 | 0,15 | -0,02 |

* $p \leq 0,05$; ** $0,05 < p \leq 0,1$

Ponadto wykazano występowanie istotnej statystycznie dodatniej korelacji między stężeniem magnezu w wodzie a poziomem wapnia i magnezu w ślinie respondentów. Poziom magnezu w wodzie wpłynął dodatkowo na zawartość wapnia w ślinie badanych mężczyzn oraz na poziom magnezu w ślinie obu płci. Natomiast stężenie magnezu w wodzie pitnej korelowało ujemnie ze stężeniem wapnia we włosach badanej populacji. Mimo, iż były to istotne korelacje, charakteryzowały się one słabą siłą.

Między stężeniem cynku w wodzie pitnej a poziomem żelaza w surowicy krwi oraz zawartością wapnia w ślinie kobiet i mężczyzn stwierdzono statystycznie istotne ujemne korelacje. Zależność o podobnym kierunku stwierdzono także, między zawartością cynku w wodzie a stężeniem magnezu w ślinie osób starszych. Stężenie cynku w wodzie korelowało natomiast dodatnio z poziomem żelaza w ślinie kobiet. Dodatni związek wykazano również między zawartością cynku w wodzie a poziomem żelaza we włosach badanych osób, przy czym wyniki istotne statystycznie uzyskano tylko dla mężczyzn.

DYSKUSJA

Średnie spożycie wody przez badane osoby starsze, w przeliczeniu na kilogram masy ciała na dobę, kształtowało się na poziomie zgodnym z zaleceniami Światowej Organizacji Zdrowia (30 ml/kg mc./dzień) [34]. Było ono wyższe niż w badaniu *Gulińskiej i Roszkowskiego* [11], w którym łączne jej spożycie z produktów stałych,

zup i napojów w grupie starszych kobiet wynosiło 1509 ml/dobę, zaś w grupie mężczyzn 1729 ml/dobę.

Obserwowana w wielu badaniach zbyt mała ilość spożytej wody przez osoby w wieku podeszłym, stwierdzona także we wcześniejszej pracy *Roszkowskiego i Brzozowskiej* [29], najprawdopodobniej spowodowana jest upośledzeniem uczucia pragnienia, co przy często bagatelizowanych stratach płynów w przebiegu wielu chorób, może być przyczyną odwodnienia, pogłębionego przez stosowanie leków moczopędnych i przeczyszczających. Ponadto niskie spożycie wody wiąże się również z dostarczeniem organizmowi mniejszych ilości składników mineralnych w niej rozpuszczonych.

Z uwagi na fakt, iż u ludzi starszych obniża się podstawowa przemiana materii, a tym samym zmniejsza się zapotrzebowanie na energię, jednocześnie utrudnione jest pokrycie zapotrzebowania na wszystkie składniki odżywcze, w tym na składniki mineralne [32]. W niniejszej pracy stwierdzono niskie spożycie wapnia i magnezu wśród ogółu badanych. Od lat w wielu badaniach [3, 30, 31] stwierdza się zbyt niskie spożycie wapnia, magnezu, żelaza, a także cynku z całodziennymi racjami pokarmowymi przez osoby starsze, dlatego bardzo ważne jest zainteresowanie problemami żywieniowymi tej grupy wiekowej.

W niniejszym badaniu osoby starsze spożywały z wodą około 15% wapnia, 4% magnezu, 5% żelaza oraz 9% cynku spożytego w ciągu doby (rycina 1). W pracy *Chun-Yun i Hui-Fen* [4] woda, której spożycie przyjęto na poziomie 2000 cm³/dobę dostarczała dziennie blisko 14% wapnia respondentom w wieku 50–69 lat. W badaniach *Kaluży i wsp.* [17] wykazano, że drugim,

po mleku i produktach mlecznych, źródłem wapnia w diecie osób starszych jest woda pitna. Należy dodać, że jonowa forma wapnia zawartego w wodzie stanowi wysoce biodostępne źródło tego składnika, ponieważ w takiej postaci jest on łatwo wchłaniany z przewodu pokarmowego [6].

Woda pitna, zwłaszcza twarda jest także bardzo dobrym źródłem magnezu, pierwiastek ten zawarty w wodzie w formie jonowej wchłania się 30 razy lepiej niż z pożywienia, gdzie występuje zwykle w postaci trudno rozpuszczalnych i źle przyswajalnych związków kompleksowych [8].

W badaniach *Kaluzy* i wsp. [17] wykazano także znaczny udział wody pitnej w dostarczaniu cynku. Woda pitna stanowiła czwarte źródło tego pierwiastka, zaraz po produktach zbożowych, mięsnych oraz mleku i jego przetworach.

Znaczenie wody pitnej jako źródła żelaza jest niewielkie, ponadto nie wykazano dodatnich zależności między naturalnym poziomem żelaza w wodzie pitnej a zdrowiem człowieka [9, 33]. *Aamodt* i wsp. [1] stwierdzili natomiast istotny 21% (95% CI: 9%-34%) wzrost ryzyka rozwoju chorób zapalnych jelita (m.in. owrzodzeń i stanów zapalnych okrężnicy i choroby *Leśniowskiego-Crohna*) wśród mieszkańców Norwegii przy wzroście poziomu żelaza w wodzie pitnej o 0,1 mg/dm³. Jedynie w badaniach *de Oliveira* i wsp. [5] dotyczących wzbogacania wody pitnej żelazem wykazano, iż fortyfikacja wody tym pierwiastkiem spowodowała wzrost poziomu hemoglobiny i ferrytyny w surowicy osób o niskim statusie społeczno-ekonomicznym, narażonych na anemię spowodowaną niedoborem tego pierwiastka.

Celem niniejszej pracy była ocena wpływu zawartości w wodzie pitnej wapnia, magnezu, żelaza i cynku na wybrane parametry stanu odżywienia badanymi składnikami mineralnymi osób starszych zamieszkających w rejonie warszawskim. W dostępnej literaturze brak jest takich danych. Większość badań, w których oznacza się zawartość składników mineralnych we wspomnianych parametrach dotyczy związku między stanem odżywienia a występowaniem określonych jednostek chorobowych.

W badaniu *MacPhersona* i *Bacso* [22] wykazano istotny związek między zawartością wapnia we włosach i twardością wody a umieralnością z powodu chorób układu krążenia. Wysoki poziom wapnia we włosach i stosowanie twardej wody do przygotowywania posiłków wiązało się z niższą umieralnością z powodu schorzeń sercowo-naczyniowych. We wcześniejszym badaniu tych autorów wykazano, iż poziom wapnia we włosach był odwrotnie skorelowany z jego stężeniem w surowicy. Dowiedziono ponadto, iż 90% badanych osób, którzy przeżyli zawał mięśnia sercowego, należeli do grupy o niskiej zawartości wapnia we włosach,

natomiast u osób, których poziom wapnia we włosach był wyższy niż 700 µg/g s.m. nie stwierdzono zmian miażdżycowych w ścianach naczyń krwionośnych [23]. *Yang* i wsp. [36] wykazali, iż ryzyko śmierci z powodu zawału mięśnia sercowego wynosiło 0,79 (95% CI: 0,73-0,86) wśród osób spożywających wodę zawierającą 25,1-42,4 mg Ca/dm³ oraz 0,71 (95% CI: 0,65-0,77) wśród osób z zawartością wapnia w wodzie powyżej 42,5 mg/dm³ w stosunku do osób spożywających wodę zawierającą poniżej 25,1 mg Ca/dm³.

Analizowany w niniejszej pracy poziom magnezu w wodzie pitnej był stosunkowo niski w porównaniu do wymagań fizykochemicznych jakim powinna odpowiadać woda pitna, aby wykazywała pożądany wpływ na zdrowie człowieka. Wiele badań wskazuje na korzystny wpływ magnezu pochodzącego z wody pitnej na stan zdrowia. Przekonywujące wydają się być wyniki badania prospektywnego prowadzonego przez 15 lat w Finlandii przez *Punsar'a* i *Karvonen'a* [28]. Porównał on częstotliwość zgonów z powodu zawałów serca we wschodniej Finlandii, w której zawartość magnezu w wodzie wynosiła 0,6-7,3 mg/dm³ z częstotliwością zgonów w zachodniej części kraju, gdzie ilość magnezu w wodzie pitnej była istotnie wyższa (6,9-27,8 mg/dm³). Obliczone zależności między poziomem magnezu w wodzie a zgonami z powodu zawałów serca wykazały, iż były one 1,7 razy częstsze we wschodniej Finlandii. *Kousa* i wsp. [18] potwierdzili doniesienia na temat korzystnego wpływu na zdrowie wody pitnej z dużą zawartością magnezu. Autorzy stwierdzili, że średni wzrost poziomu magnezu w wodzie o 1 mg/dm³ zmniejsza ryzyko występowania chorób serca o 4,9%. Jednakże w badaniu *Morris'a* i wsp. [25] przeprowadzonym wśród 947 brytyjskich mężczyzn w wieku 40-59 lat nie stwierdzono istotnej zależności między spożyciem wapnia z wodą a rozwojem choroby wieńcowej oraz umieralnością z powodu chorób układu krążenia, natomiast wykazano istotny wzrost ryzyka rozwoju choroby wieńcowej wśród osób spożywających z wodą większe ilości magnezu. Istotnych zależności między zawartością wapnia i magnezu w wodzie pitnej a umieralnością z powodu choroby niedokrwiennej serca i udaru nie stwierdzili *Leurs* i wsp. [20] wśród 4 114 mieszkańców Holandii.

Współczynniki korelacji między stężeniami wapnia, magnezu, żelaza i cynku w wodzie pitnej a ich zawartością w surowicy, we włosach oraz w ślinie charakteryzowały się niskimi wartościami, co świadczy o słabej lub nikłej sile związku bądź o braku zależności. Z tego powodu przeprowadzając dyskusję na podstawie wykonanych obliczeń statystycznych nie można wyciągać daleko idących wniosków. Uzyskane wyniki mogą być uwarunkowane szeregiem innych czynników wpływających na analizowane parametry stanu odżywienia badanymi pierwiastkami, a także sprawnie działającą

homeostazą składników mineralnych w organizmie badanych osób.

Przykładem antagonistycznej pary pierwiastków jest cynk i żelazo. Dowiedziono, iż wysoki poziom cynku w postaci roztworów wodnych może utrudniać wchłanianie żelaza, natomiast wysoka podaż żelaza z dietą może wpływać ujemnie na absorpcję cynku. Według *Lonnerdal'a* [21] w przypadku cynku spożytego z dietą interakcje z żelazem nie były obserwowane w surowicy badanych. Przyczyną tego zjawiska mogą być różne mechanizmy wchłaniania mikropierwiastków w obecności niektórych substancji organicznych pochodzących z pożywienia. W niniejszej pracy stwierdzono występowanie ujemnej korelacji między poziomem cynku w wodzie a stężeniem żelaza w surowicy badanych kobiet i mężczyzn, a także stężeniem wapnia i magnezu w ślinie. Natomiast występowanie dodatniej korelacji stwierdzono między zawartością cynku w wodzie pitnej a stężeniem magnezu w ślinie i we włosach badanych. Należy podkreślić, że były to korelacje statystycznie istotne, jednakże siła tych zależności była na ogół słaba, współczynniki korelacji wahały się w przedziale od 0,18 do 0,40.

Według *Nielsena* [26] tylko głębokie niedobory lub subkliniczne nadmiary cynku mogą zwiększać wydalanie magnezu z organizmu, wobec czego zmniejsza się jego poziom w organizmie. Natomiast według *Leonhard'a* [19] przy wysokim spożyciu cynku z dietą pierwiastek ten konkuruje z magnezem o przenośniki odpowiadające za wchłanianie i transport w jelicie.

W pracy *Pallare* i wsp. [27] prowadzonej na zwierzętach doświadczalnych wykazano, iż mała podaż żelaza z dietą wpłynęła na obniżenie wchłaniania magnezu, w wyniku zmniejszenia aktywności receptorów enterocytów uczestniczących w absorpcji magnezu poprzez transport aktywny do światła jelita. W niniejszej pracy stwierdzono dodatnią korelację między poziomem żelaza w wodzie a stężeniem magnezu we włosach badanych, co można tłumaczyć wyżej opisaną interakcją.

Otrzymane zależności między stężeniem składników mineralnych w wodzie pitnej a ich poziomami w materiałach analitycznych charakteryzowały się dosyć często przeciwnymi kierunkami. Na przykład stężenie magnezu w wodzie korelowało dodatnio ze stężeniem wapnia w ślinie, natomiast ujemnie ze stężeniem tego pierwiastka we włosach. Podobnie w przypadku ujemnej korelacji między stężeniem cynku w wodzie a poziomem żelaza w surowicy, zaś dodatniej między poziomem cynku w wodzie a stężeniem żelaza w ślinie badanych. Rozbieżności te mogą wynikać z faktu, że stężenie w ślinie raczej reprezentuje pulę krążącą w organizmie (podobnie jak surowica, jednakże organizm nie dąży do utrzymania homeostazy w ślinie), natomiast zawartość we włosach reprezentuje pulę usuwaną z organizmu, o ile wzrost włosa nie jest zahamowany

[14, 15]. Dlatego wymagane jest przeprowadzanie dodatkowych pomiarów innych parametrów stanu odżywienia, lepiej poznanych, bardziej czułych i częściej wykorzystywanych do tego typu badań.

WNIOSKI

1. Wykazano szereg istotnych korelacji między zawartością wapnia, magnezu, żelaza i cynku w wodzie pitnej a poziomami wybranych parametrów stanu odżywienia, przy czym otrzymane współczynniki korelacji charakteryzowały się różnymi kierunkami i na ogół słabą siłą:
 - wykazano istotne ujemne korelacje między stężeniem cynku w wodzie pitnej a poziomem żelaza w surowicy oraz stężeniem wapnia i magnezu w ślinie badanych,
 - poziom magnezu w wodzie korelował ujemnie ze stężeniem żelaza we włosach,
 - istotne dodatnie korelacje stwierdzono między poziomem wapnia i żelaza w wodzie a zawartością magnezu we włosach, a także między stężeniem magnezu w wodzie a poziomem wapnia i magnezu w ślinie,
 - istotny dodatni związek wykazano między zawartością cynku w wodzie a stężeniem żelaza w ślinie i we włosach.
2. Współczynniki korelacji o stosunkowo słabej sile między stężeniem składników mineralnych w wodzie pitnej a ich poziomem w surowicy, we włosach i w ślinie mogą wynikać ze sprawnie działających mechanizmów homeostatycznych w organizmie osób starszych, a także z szeregu innych czynników warunkujących stan odżywienia ludzi w starszym wieku, takich jak wiek, płeć, stosowanie leków, występowanie chorób czy zwyczaje żywieniowe.

PIŚMIENNICTWO

1. *Aamodt G., Bukholm G., Jansen J., Moum B., Vatn M.H., IBSEN study group*: The association between water supply and inflammatory bowel disease based on a 1990-1993 cohort study in southeastern Norway. *Am. J. Epidemiol.* 2008, 168, 1065-1072.
2. *Bartoń H.*: Predicted intake of trace elements and minerals via household drinking water by 6-year-old children from Krakow, Poland. *Food Addit. Contam. Part A. Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.* 2010, 27, 315-326.
3. *Chalcarz W., Szychacz-Przygocka E.*: Ocena spożycia składników mineralnych przez pensjonariuszy z wielkopolskich domów pomocy społecznej. *Now. Lek.* 2005, 74, 369-372.

- Chun-Yuh Y., Hui-Fen C.: Calcium and magnesium in drinking water and risk of death from hypertension. *Am. J. Hypertens.* 1999, 12, 894–899.
4. *de Oliveira D.J.E., Scheid M.M.A., Desai I.D., Marchini J.S.*: Iron fortification of domestic drinking water to prevent anemia among low socioeconomic families in Brazil. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 1996, 47, 213–219.
 5. *Derkowska-Sitarz M., Adamczyk-Lorenc A.*: Wpływ składników mineralnych rozpuszczonych w wodzie pitnej na organizm człowieka. *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej* 2008, 34, 39–48.
 6. *Deveau M.*: Contribution of drinking water to dietary requirements of essential metals. *J. Toxicol. Environ. Health A.* 2010, 73(2), 235–41.
 7. *Drobnik M., Latour T.*: Wpływ wody dejonizowanej na stan zdrowotny ludności. *Roczn. PZH* 2002, 53, 187–195.
 8. *Dvorak B.I., Skipton S.O.*: Drinking water: iron and manganese. Published by University of Nebraska – Lincoln Extension. Institute of Agriculture and Natural Resources 2007.
 9. *Graczyk A.*: Informacja ustna o wartościach referencyjnych. *Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa* 1994.
 10. *Gulińska E., Roszkowski W.*: Spożycie wody przez wybraną grupę osób starszych. *Żyw. Człow. Metab.* 2001, 28, 491–498.
 11. *Heaney R.P.*: Absorbability and utility of calcium in mineral waters. *Am. J. Clin. Nutr.* 2006, 84, 371–374.
 12. *Jakubowski Z., Kabata J., Kalinowski L., Angielski S.*: Badania laboratoryjne w codziennej praktyce – wartości referencyjne i interpretacje. *Wyd. MAKmed, Gdańsk* 1994.
 13. *Kaluża J., Brzozowska A.*: Uwarunkowania stanu odżywienia magnezem u osób starszych zamieszkałych w rejonie warszawskim. *J. Elementol.* 2004, 9, 337–343.
 14. *Kaluża J., Brzozowska A.*: Wykorzystanie analizy włosów do oceny uwarunkowań stanu odżywienia żelazem osób starszych zamieszkałych w rejonie warszawskim. *Żyw. Człow. Metab.* 2002, 29, 294–298.
 15. *Kaluża J., Krajewski P.*: Źródła wody pitnej i jej jakość. W: *Woda w żywieniu i jej źródła*. Red. *A. Brzozowska, J. Gawęcki*, *Wyd. Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego, Poznań* 2008, 49–62.
 16. *Kaluża J., Zysk A., Brzozowska A.*: Udział grup produktów i wody pitnej w spożyciu wybranych składników mineralnych przez osoby starsze. *Roczn. PZH* 2002, 53, 407–417.
 17. *Kousa A., Havulinna A.S., Moltchanova E., Taskinen O., Nikkarinen M., Eriksson J., Karvonen M.*: Calcium:magnesium ratio in local groundwater and incidence of acute myocardial infarction among males in rural Finland. *Environ. Health Perspectiv.* 2006, 114, 730–734.
 18. *Leonhard M.*: Do forestomach epithelia exhibit a Mg²⁺/2H⁺ exchanger? *Magnesium Res.* 1999, 12, 99–108.
 19. *Lonnerdal B.*: Micronutrient interactions – impact on child health and nutrition. *US. Agency for International Development. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Washington* 1996, 3–10.
 20. *MacPherson A., Bacso J.*: Relationship of hair calcium concentration to incidence of coronary heart disease. *Sci. Total Environ.* 2000, 255, 11–19.
 21. *MacPherson A., Balint J., Bacso J.*: Beard calcium concentrations as a marker for coronary heart disease as affected by supplementation with micronutrients including selenium. *Analyst.* 1995, 120, 871–875.
 22. *Monarca S., Donato F., Zerbini I., Calderon R.L., Craun G.F.*: Review of epidemiological studies on drinking water hardness and cardiovascular diseases. *Eur. J. Cardiovasc. Prev. Rehabil.* 2006, 13, 495–506.
 23. *Morris R.W., Walker M., Lennon L.T., Shaper A.G., Whincup P.H.*: Hard drinking water does not protect against cardiovascular disease: new evidence from the British Regional Heart Study. *Eur. J. Cardiovasc. Prev. Rehabil.* 2008, 15, 185–189.
 24. *Nielsen F.*: Marginal zinc deficiency increases magnesium retention and impairs calcium utilization in rats. *Biol. Trace Elem. Res.* 2009, 128, 220–231.
 25. *Pallare I., Campos M., Lo'pez-Aliaga I., Barrionuevo M., Rodri'guez Matas M., Go'mez-Ayala A., Alfe'rez M., Hartiti S., Lisbona F.*: Supplementation of a cereal-based diet with heme iron: interactions between iron and calcium, phosphorus, and magnesium in rats. *J. Agric. Food Chem.* 1996, 44, 1816–1820.
 26. *Punsar S., Karvonen M.J.*: Drinking water quality and sudden death: observations from West and East Finland. *Cardiology* 1979, 64, 24–34.
 27. *Roszkowski W., Brzozowska A.*: Ocena sposobu żywienia i stanu odżywienia ludzi starszych w Europie – projekt badawczy SENECA. Cz. II. Ocena sposobu żywienia. *Żyw. Człow. Metab.* 1994, 21, 35–47.
 28. *Sibai A., Zard C., Adra N., Baydoun M., Walla N.*: Variations in nutritional status of elderly men and women according to place of residence. *Gerontology* 2003, 49, 215–224.
 29. *Skop A., Kowalczyk E.*: Ocena sposobu żywienia i stanu zdrowia starszych mieszkańców domów pomocy społecznej. *Now. Lek.* 2005, 74, 480–483.
 30. *Staniek H., Król E., Krejpcio Z.*: Ocena zawartości żelaza, cynku i miedzi w całodziennych racjach pokarmowych wybranych grup ludności. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2006, 2, 342–347.
 31. *World Health Organization*: Iron in drinking water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. *WHO Press, Geneva* 2008, 1–9.
 32. *World Health Organization*: Keep fit for life. Meeting the nutritional needs of older persons. *Geneva* 2002.
 33. *Yang C.Y.*: Calcium and magnesium in drinking water and risk of death from cerebrovascular disease. *Am. Heart Assoc.* 1998, 29, 411–414.
 34. *Yang C.Y., Chang C.C., Tsai S.S., Chiu H.F.*: Calcium and magnesium in drinking water and risk of death from acute myocardial infarction in Taiwan. *Environ. Res.* 2006, 101, 407–411.

-
35. *Yang C.Y., Cheng M.F., Tsai S.S., Hsieh Y.L.*: Calcium, magnesium, and nitrate in drinking water and gastric cancer mortality. *Jpn. J. Cancer Res.* 1998, 89, 124-130.
36. *Yang C.Y., Chiu H.F., Tsai S.S., Wu T.N., Chang C.C.*: Magnesium and calcium in drinking water and the risk of death from esophageal cancer. *Magnes. Res.* 2002, 15, 215-222.
37. *Zachwieja Z.*: Wykorzystanie analizy wybranych makro- i mikroelementów we włosach dzieci do badań środowiskowych. Konferencja PAN „Nieinwazyjne metody oceny wysycenia organizmu makro- i mikroelementami”, Warszawa 1999.

Otrzymano: 20.09.2010

Zaakceptowano do druku: 7.03.2011