

Aleksandra Karmańska, Andrzej Stańczak¹, Bolesław Karwowski

MAGNEZ AKTUALNY STAN WIEDZY*

Zakład Bromatologii Katedry Bromatologii
Uniwersytetu Medycznego w Łodzi
Kierownik: dr hab. n. chem. *B. Karwowski*

¹ Zakład Farmacji Szpitalnej
Uniwersytetu Medycznego w Łodzi
Kierownik: prof. dr hab. n. farm. *Andrzej Stańczak*

Hasła kluczowe: magnez, Mg-absorbcja, cytrynian magnezu.

Key words: magnesium, Mg-absorption, magnesium citrate.

Magnez to dwuwartościowy pierwiastek z grupy berylowców. Jest jednym z najważniejszych jonów niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Ciało dorosłego człowieka zawiera 1000 mmol (22–26 g) magnezu (1). Zdeponowany jest w (2):

- ok. 60% w układzie kostnym głównie w postaci hydroksyapatytów, z tego ok. 25% tworzy pulę szybko wymienialną;
- 20% w mięśniach szkieletowych;
- 20% w innych tkankach przeważnie w układzie nerwowym i w narządach: wątroba, nerki, przewód pokarmowy.

Tylko 1% znajduje się w przestrzeni zewnątrzkomórkowej w erytrocytach i osoczu. Stężenie wewnątrzkomórkowe kształtuje się w zakresie 3–9 mmol/dm³ i zależy od rodzaju komórki.

Rozmieszczenie magnezu w organizmie przedstawia tab. I

Dużą aktywność i tendencję do tworzenia kompleksów magnez zawdzięcza budowie atomu: małemu promieniowi w stosunku do wymiarów jądra. Tworzy kompleksy metalonukleotydowe w difosfo- i trifosfonukleozydach. Jest aktywatorem ponad 300 reakcji enzymatycznych. Wpływa na aktywność enzymów poprzez wiązanie z ATP (adenozynotrifosforan) (reakcje zależne od ATP), wiązanie z miejscem aktywnym enzymu (np. enolazy, kinazy pirogronianowej, pirofosfatazy), powodowanie zmian konformacyjnych w procesie katalitycznym (np. Na⁺ i K⁺ ATP-azy), udział w tworzeniu kompleksów enzymatycznych np. dehydrogenazy aldehydowej. Stabilizuje strukturę rybosomów i kwasów nukleinowych. Tworzy kompleksy z fosfolipidami błonowymi co powoduje zmniejszenie przepuszczalności i płynności błon komórkowych. Jest kofaktorem enzymów biorących udział w przemianach białek, węglowodanów i tłuszczów. Reguluje aktywność parathormonu, wpływa na wzrost

* Praca finansowana przez Uniwersytet Medyczny w Łodzi (prace statutowe 503-3045-2 i 503/3-011-03/31-001.).

i gęstość kości. Bierze udział w procesie skurczu mięśnia sercowego poprzez wpływ na wewnątrzkomórkowe stężenie wapnia i aktywność elektryczną komórek mięśnia sercowego (1).

Tab e l a I. Rozmieszczenie magnezu w organizmie (1)

Tab l e I. Distribution of magnesium in the adult human

Tkanka	Masa tkanki (kg)	Stężenie magnezu (mmol/kg)	Zawartość magnezu (mmol)	% całkowitej zawartości magnezu w organizmie
Osocze	3,0	0,85	2,6	0,3
Erytrocyty	2,0	2,5	5,0	0,5
Tkanki miękkie	22,7	8,5	193,0	19,3
Mięśnie	30,0	9,0	270,0	27,0
Kości	12,3	43,2	530,1	52,9
Suma	70,0		1000,7	100,0

Większość wewnątrzkomórkowego magnezu związana jest z rybosomami, kwasami organicznymi, białkami lub fosforanem adenozy. Tylko niewielka ilość występuje w postaci wolnego jonu magnezowego (0,5–5% puli magnezu wewnątrzkomórkowego). Rozkład magnezu w komórce jest heterogenny wysoki w przestrzeniach około jądrowych niższy w rejonach obwodowych cytoplazmy. Wysokie stężenie magnezu wewnątrzkomórkowego występuje w komórkach szybko proliferujących co wskazuje, że komórkowy transport magnezu związany jest z wysoką aktywnością metaboliczną (1).

Źródła magnezu w pożywieniu

Magnez przyswaja się lepiej z produktów spożywczych niż z suplementów diety. Z dietą dostarczamy od 300 do 360 mg/d (12,5–15 mmol/d). Dawka ok. 3,5 mmol/d niezbędna jest do utrzymania równowagi magnezu w organizmie. Ponieważ wchodzi w skład chlorofilu najlepszym jego źródłem są zielone warzywa liściaste, warzywa strączkowe (fasola, groszek), orzechy, ziarna zbóż. Twarda woda zawiera 30 mg/dm³ magnezu.

Tab e l a II. Zawartość magnezu w żywności (3)

Tab l e II. Magnesium content in food (3)

Rodzaj żywności	Zawartość Mg w mg	DV %
Halibut upieczony 85 g	90	20
Migdały uprażone 28 g	80	20
Szpinak mrożony, ugotowany ½ kubka	75	20
Owsianka 1 kubek	55	15
Ziemniak upieczony w mundurku (średni)	50	15

Tabela II. (cd.)

Rodzaj żywności	Zawartość Mg w mg	DV %
Otręby pszenne, 2 łyżki	45	10
Jogurt 160 g	45	10
Płatki kukurydziane ½ kubka	40	10
Fasola gotowana ½ kubka	40	10
Ryż brązowy ugotowany ½ kubka	40	10
Kiełki pszenicy dwie łyżki	35	8
Banan średni	30	8
Mleko 2% tłuszczu, 1 kubek	27	8
Chleb pszenny 1 kromka	25	6

DV% (daily value) – procent dziennego zapotrzebowania

Food Drag and Administration podaje, że 45% magnezu dostarczana jest z warzywami, owocami, ziarnami i orzechami, 29% pochodzi z mleka, mięsa, jaj (4).

Wchłanianie magnezu

Wchłanianie jonów magnezu występuje głównie w jelicie czczym i jelicie krętym gdzie panuje kwaśne środowisko. Wchłanianie odbywa się:

- na drodze transportu biernego, związanego z gradientem elektrochemicznym;
- dyfuzji ułatwionej za pomocą białka nośnikowego TRPM6 (transient receptor potential melastatin) zlokalizowanego w szczytowej części komórek nabłonka.

Tabela III. Wchłanianie magnezu z przewodu pokarmowego (2)

Table III. Gastrointestinal Absorption of magnesium (2)

	Absorbpcja magnezu (mg/dzień)	% absorpcji
Żołądek	0	0
Dwunastnica	15	5
Jelito czcze	30	10
Proksymalna część jelita krętego	45	15
Dystalna część jelita krętego	30	10
Okrężnica	15	4
Suma	135	45

Przedstawione dane dotyczą diety zawierającej 300 mg magnezu /dzień. Absorbpcja magnezu z diety na poziomie 40–50%

Po przedostaniu się do komórek jelita cienkiego jony ulegają dyfuzji do płynu tkankowego, a następnie do światła naczyń krwionośnych. Utrzymanie stałego stężenia wewnątrz komórki zachodzi na drodze zależnej od jonów Na i niezależnej

gdzie następuje wymiana na jony zewnątrzkomórkowe np. Ca^{2+} , Mn^{2+} . Ważną rolę w utrzymaniu homeostazy magnezu odgrywa białko TRPM7, które tworzy kanał jonowy sprzężony z kinazą (5). Białko to dopasowuje poziom magnezu do potrzeb komórki. Kiedy stężenie magnezu jest za duże, kanał i wejście jonów do komórki zostaje zablokowane poprzez połączenie jonów magnezu z resztami aminokwasowymi. Badania wykazały, że usunięcie genu TRPM7 powodowało zahamowanie wzrostu komórek *in vitro* (6).

Magnez dostarczany z pożywieniem występuje w postaci połączeń z innymi składnikami pokarmu. Uwolniony w zjonizowanej formie trafia do światła jelit. W warunkach przeciętnej diety wchłonięciu ulega ok. 30–50% magnezu. Jeżeli zawartość magnezu w pokarmie jest niska absorpcja wzrasta do 80%. Na wielkość absorpcji wpływają inne składniki pożywienia:

Składniki mineralne

Wraz z dietą lub dodatkową suplementacją dostarczamy inne składniki mineralne, które mogą wpływać na absorpcję magnezu z przewodu pokarmowego. *Brink* i współpracownicy (7) przeprowadzili badania, na szczurach, którym podawali dietę zawierającą stałe stężenie magnezu, zmienne wapnia i fosforu. Stwierdzili, że wysoka ilość wapnia i fosforu w diecie powodowała zmniejszenie absorpcji magnezu. Podobne wyniki uzyskali w badaniach *in vitro*. Wyniki te sugerowały tworzenie się nierozpuszczalnego kompleksu wapnia, magnezu i fosforanów. Liczne badania kliniczne wykazały, że dieta zawierająca poniżej 2000 mg/d wapnia nie wpływa na wchłanianie magnezu (8). Zakłada się, że wysokie stężenie wapnia w diecie powoduje spadek stężenia parathormonu w osoczu co wpływa na zmniejszone wchłanianie magnezu. Wapń współzawodniczy z magnezem o miejsce wchłaniania w jelitach, może również wpływać na przepuszczalność błon komórkowych dla magnezu (9).

Oprócz wapnia, fosforu, sodu i potasu również mikroelementy np. cynk, żelazo mogą również wpływać na absorpcję magnezu. *Spencer* i współpracownicy (10) podawali suplement diety grupie dorosłych mężczyzn zawierający 142 mg cynku/dobę. Powodowało to zmniejszone wchłanianie magnezu.

Laktoza. Alkohole cukrowe

W badaniach przeprowadzonych na szczurach stwierdzono stymulujący wpływ laktozy na wchłanianie magnezu. Badania przeprowadzone na ludziach są jednak nieliczne i nie wszystkie potwierdzają ten efekt (11).

Alkohole cukrowe: ksylitol, sorbitol stanowiące pożywkę dla bakterii jelitowych mają wpływ na wchłanianie magnezu. W badaniach na ludziach przeprowadzonych przez *Coudray* i współpracownicy (12) odnotowano wzrost absorpcji magnezu z 40 do 51%.

Białka

Szereg badań klinicznych potwierdza korzystny wpływ białek na absorpcję magnezu. Badania opisane przez *Bohn* (11) wykazały, że spożycie 145–200 g białka

w porównaniu z dietą zawierającą 45–70 g zwiększa absorpcję magnezu od 32% do 40%. Podobne wyniki uzyskali *Schwartz* i współpr. (13), którzy przeprowadzili badania w grupie 265 chłopców w wieku dojrzewania. W badaniach należy jednak uwzględnić źródło białka. Niektóre białka roślinne np. koncentraty białka sojowego zawierają fityniany zmniejszające wchłanianie magnezu. Badania na szczurach potwierdziły zwiększoną absorpcję magnezu przy spożyciu białka sojowego wolnego od fitynianów (11).

Tłuszcze

Obecność tłuszczów w diecie nie wpływa znacząco na absorpcję magnezu. Badania na ludziach są nieliczne, różnią się rodzajem tłuszczu i dietą. *Van Dokkum* i współpr. (14) porównywali wpływ diety o różnej zawartości tłuszczu na wchłanianie magnezu. Grupie młodych osób przez miesiąc podawano dietę w której zapotrzebowanie energetyczne pokrywał tłuszcz w zakresie od 42 do 22%. Nie stwierdzono istotnego wpływu na wchłanianie magnezu. Podobne wyniki otrzymał *Ricketts* i współpr. (15).

Natomiast *Kies* i współpr. (16) również podawali dorosłym osobom dietę, w której od 22 do 42% energii pochodziło z tłuszczu. Stwierdzili, że wchłanianie magnezu było mniejsze w diecie bogato tłuszczowej (42%). Wyniki te nie są oparte na badaniach statystycznych ponadto występują różnice w diecie i rodzaju użytego tłuszczu. Powinny być przeprowadzone dalsze badania, ujednoczona metodologia oceniająca wpływ tłuszczów na biodostępność magnezu.

Fityniany

Fityniany stanowią formę zapasową składników mineralnych i fosforanów w ziarnach zbóż, roślinach strączkowych, warzywach, owocach, orzechach. W przewodzie pokarmowym wykazują właściwości chelatujące m. in. w stosunku do magnezu. Tworzą z magnezem i produktami rozkładu białek nierozpuszczalne sole, z których pierwiastek nie wchłania się. W badaniach przeprowadzonych w 1942 r. dodawano do chleba pszennego fityniany (0,6 g /d) i stwierdzono obniżenie wchłaniania magnezu z 47% do 29% (11).

W nowszych badaniach *Bohn* i współpr. (17) zastosowali metodę izotopów dodając do chleba pszennego kwas fitynowy w ilościach odpowiadających jego zawartości w chlebie razowym (1,49 mmol) i brązowym (0,75 mmol). Spożycie chleba wzbogaconego w fityniany spowodowało zmniejszenie wchłaniania magnezu o 60% w sposób zależny od podanej dawki.

Hamowanie wchłaniania magnezu przez kwas fitynowy można zmniejszyć poprzez zastosowanie różnego rodzaju zabiegów technologicznych powodujących jego rozkład. W warstwie aleuronowej ziaren znajduje się enzym fitaza, która rozkłada kwas fitynowy do ortofosforanów i mioinozytolu. Enzym ten można aktywować np. w przypadku mąki poprzez namaczanie, przedłużenie czasu fermentacji czy kiełkowanie.

Kwas szczawiowy

Występuje w roślinach takich, jak: rabarbar, szczaw, szpinak, orzechy, kawa, kakao, herbata. Gromadzi się w ogonkach i dolnych liściach najmniej w korzeniach. Dieta zachodnia dostarcza ok. 100–150 mg, a wegetariańska 191 mg szczawianów (18). Szczawiany w żywności występują w postaci rozpuszczalnych soli sodu i potasu i nierozpuszczalnych soli wapnia. Rozpuszczalne szczawiany tworzą w jelitach z jonami metali dwu i trójwartościowych kompleksy zmniejszając ich absorpcję. *Kelsay i Prather* (19) stwierdzili zwiększone wydalanie magnezu z kałem u osób, którym podawano w diecie szpinak (440 mg szczawianów /dzień) w porównaniu ze 175 mg szczawianów /dzień (kalafior). Potwierdziły to badania z zastosowaniem techniki izotopowej.

Polifenole

Polifenole związki organiczne o zróżnicowanej budowie zawierające przynajmniej dwie grupy hydroksylowe związane z pierścieniem aromatycznym. Są silnymi przeciwutleniaczami zabezpieczającymi organizm przed stresem oksydacyjnym. Żywność bogata w polifenole: owoce, warzywa, soki owocowe, herbata, odgrywa ważną rolę w profilaktyce wielu chorób.

Polifenole hamują absorpcję żelaza u ludzi i cynku u szczurów poprzez tworzenie nierozpuszczalnych kompleksów. Brak jest dokładnych badań oceniających wpływ polifenoli na wchłanianie magnezu w organizmie człowieka. W badaniach przeprowadzonych na szczurach zaobserwowano zmniejszone wydalanie magnezu z kałem w przypadku diety zawierającej wysokie stężenie polifenoli 1,0 g/100 g. Można więc wysnuć hipotezę, że diety bogate w polifenole mogą negatywnie wpływać na absorpcję magnezu (11).

Oligosacharydy

Oligosacharydy – polisacharydy nieskrobiowe. Są odporne na działanie endogennych enzymów ulegają fermentacji przez bakterie jelitowe do krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych SCFA (ang. Short chain fatty acids) i kwasu mlekowego. Liczne badania przeprowadzone na szczurach potwierdzają pozytywny wpływ SCFA na wchłanianie magnezu. W doświadczeniach stosowano jednak duże ilości oligosacharydów. W badaniach z udziałem ludzi obserwowano wpływ inuliny (40 g/d) na wchłanianie składników mineralnych. Wykazano stymulujący wpływ na wchłanianie wapnia (wzrost z 21 do 34%) bez istotnego wpływu na absorpcję magnezu, cynku i żelaza. Podobne wyniki otrzymano w innych badaniach w których podawano 15 g/d fruktooligosacharydów przez 9 dni. Stwierdzono jednak, że czas podawania oligosacharydów był za krótki żeby doszło do fermentacji i powstania SCFA (11).

W randomizowanym badaniu z zastosowaniem stabilnych technik izotopowych w których brały udział kobiety w okresie pomenopauzalnym spożywano 10g/d krótkołańcuchowych oligosacharydów. Zaobserwowano nieznaczny wzrost wchłaniania magnezu z 30,2 do 33,9%. U niemowląt suplementacja diety inuliną w dawce 0,75,

1, 1, 25 g/d przez 14 dni zwiększała wchłanianie magnezu zależnie od dawki od 77 do 92% (11).

Hemicelulozy, pektyny

Hemicelulozy frakcja błonnika pokarmowego, występująca w ścianie komórkowej roślin. W porównaniu z celulozą mają mniejszą masę cząsteczkową i tworzą bardziej rozgałęzioną strukturę. Dominują w zbożach, poziom w warzywach i owocach wynosi 1–2%.

Drews i współpr. (20) stwierdzili wzrost wydalania magnezu z kałem u osób, którym dodawano do diety podstawowej 14,2 g hemicelulozy. Podobne wyniki w randomizowanym badaniu otrzymał *Taper* i współpr.(21).

Pektyny polisacharydy stanowiące mieszaninę cukrów występują w ścianach komórkowych i przestrzeniach międzykomórkowych roślin. Największą ich ilość pozyskuje się ze skórek owoców cytrusowych, wycieków jabłkowych, buraków cukrowych.

Przeprowadzone badania z udziałem ludzi nie wykazały wpływu pektyn na wchłanianie magnezu. *Stasse-Wolthius* i współpr. (22) (dieta zawierająca 9g pektyn/d) oraz *Drew* i współpr. (20) (14 g pektyn/d) nie stwierdzili statystycznie istotnych różnic pomiędzy grupą badaną a grupą kontrolną otrzymującą dietę o małej zawartości błonnika.

Błonnik nierozpuszczalny

Wpływ błonnika nierozpuszczalnego na wchłanianie magnezu nie jest do końca jasny. Produkty bogate w błonnik takie jak zboża, rośliny strączkowe zawierają fitiny będące inhibitorem absorpcji magnezu. Przeprowadzone badania na ten temat nie są ujednoczone (11).

Wydalenie magnezu

Za prawidłowe stężenie magnezu w przestrzeni zewnątrzkomórkowej odpowiedzialne są nerki. W przypadku niedoboru w osoczu 95% jonów magnezowych ulega resorpcji zwrotnej, głównie w ramieniu wstępującym pętli Henlego. Zmniejszone wydalanie z moczem związane jest prawdopodobnie ze zwiększoną ekspresją białka TRPM6. Czynniki zwiększające wchłanianie zwrotne jonów magnezowych w nerkach to: hipokalcemia, hipomagnezemia, parathormon, zasadowica metaboliczna, hipowolemia, insulina. Zwiększone wydalanie występuje przy hipermagnezemia, hiperkalcemii, kwasicy ketonowej, nadczynności przytarczyc, przedawkowaniu witaminy D, alkoholizmie, stosowaniu niektórych leków odwadniających z grupy diuretyków tiazydowych i pętlowych (2).

Całkowita homeostaza magnezu w organizmie zależy od równowagi pomiędzy wchłanianiem w jelitach, stężeniem w komórkach, depozytem w kościach i wydalaniem przez nerki. Niezabsorbowany magnez wydalany jest z kałem, niewielkie ilości z mlekiem matki.

Normy spożycia magnezu

Zalecane dzienne spożycie zależy od płci, wieku jest różne w różnych krajach.

Średnie spożycie magnezu w Polsce wynosi 297 mg i jest mniejsze u kobiet (ok. 250 mg) niż u mężczyzn (ok. 350 mg), podczas gdy zalecana podaż tego składnika w diecie kobiet powinna wynosić 320 mg, a mężczyzn 420 mg dziennie (23).

Tabela IV. Rekomendowane dawki magnezu

Table IV. Recommended doses of magnesium

Kraj	Mężczyźni (mg/d)	Kobiety (mg/d)
Polska	420	320
USA	400	310
Wielka Brytania	300	300
Niemcy	400	310

Niedobór magnezu

Niedobór magnezu jest problemem wieloczynnikowym. Często współistnieje z zaburzeniami równowagi innych elektrolitów: potasu, fosforanów w mniejszym stopniu sodu i wapnia.

Pierwotny związany jest z niedostateczną ilością magnezu w diecie. Wtórny wynika z zaburzeń we wchłanianiu, w jelitach, przewlekłą chorobą nerek, nieprawidłową redystrybucją (zespół Gitelmana). Objawy kliniczne dużego niedoboru magnezu (spadek stężenia w surowicy poniżej $0,5 \text{ mmol/dm}^3$) to: osłabienie, bolesne skurcze łydek, wypadanie włosów, nieprawidłowa praca serca, łatwe męczenie się, osteoporoza, depresja, zaburzenia koncentracji i uwagi (24). Niedobór magnezu często związany jest z cukrzycą typu I i II. Badania prowadzone przez *Nadler* i współpr. (25) wykazały, że dieta o niskiej zawartości magnezu zmniejsza wrażliwość tkanek na działanie insuliny. Magnez jest kofaktorem enzymów uczestniczących w metabolizmie glukozy. Niski jego poziom powoduje nieprawidłowe działanie kinazy tyrozynowej i modyfikuje czułość na insulinę.

Hypomagnezemia jest częstym zjawiskiem w ostrym i przewlekłym alkoholizmie. Niski poziom magnezu spowodowany jest często złym stanem odżywienia, nieprawidłowym wchłanianiem związanym z zapaleniem trzustki i wątroby, niedoborem witaminy D, ostrej kwasicy, dysfunkcją kanalików nerkowych (26).

Niedobór magnezu w diecie może prowadzić do rozwoju chorób układu sercowo-naczyniowego. Z hypomagnezemią związane są zaburzenia rytmu serca, szczególnie częstoskurcz komorowy typu torsade de pointes. Liczne badania wykazały, że dożylnie podanie magnezu zapobiega migotaniu przedsionków i komór po zabiegach chirurgicznych wykonywanych na sercu, zmniejsza reakcję komór na ostry napad migotania przedsionków oraz migotanie komór z przedawkowania narkotyków (27). Potrzebne są jednak duże randomizowane badania potwierdzające korzystny wpływ podania magnezu w różnych zaburzeniach rytmu serca.

Badania nad stosowaniem magnezu w leczeniu astmy prowadzono już 50 lat temu. Niektóre z nich potwierdzały rozszerzający wpływ na oskrzela. W 2000 r. oceniano

skuteczność dożylnego podania siarczanu magnezu 2 g/kg masy ciała przez 20 min. 665 pacjentom jako dodatek do standardowej terapii w leczeniu astmy. Wyniki nie potwierdzają znaczących korzyści wynikających ze stosowania magnezu w przewlekłej postaci astmy. Jednak autorzy potwierdzają wzrost szczytowego przepływu wydechowego PEF (z ang. peak expiratory flow) u pacjentów z nagłym skurczem oskrzeli w przebiegu astmy. Badania te prowadzono do 2008 r. (28).

Według wytycznych Światowej Strategii Rozpoznawania, Strategii i Prewencji Astmy magnez może być zastosowany dożylnie tylko w ciężkich napadach astmy w których dodatkowe podanie siarczanu magnezu może zapobiec hospitalizacji.

Niedoborowi magnezu towarzyszy rozwój reakcji zapalnej. Badania prowadzone m.in. przez Kinga i współpr. (29) i Guerro-Romero (30) wykazały, że niski poziom magnezu w diecie powoduje podwyższenie poziomu CRP (ang. C-reactive protein). Jest to białko ostrej fazy wytwarzane pod wpływem cytokin zapalnych w ścianach naczyń tętniczych, komórkach tłuszczowych, wątrobie. W latach 1999–2002 przeprowadzono badania przez National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) na grupie 5007 dzieci w wieku 6–17 lat. Wśród dzieci, które dostarczały mniej niż 75% RDA dla magnezu zaobserwowano wyższy poziom CRP w surowicy (0,38 mg/dm³) w porównaniu z grupą, która spożywała prawidłową ilość magnezu (0,25 mg/dm³) (29). Song i współpr. (31) wykonali badania na grupie 657 kobiet w wieku 43–69 lat u których nie wykryto nowotworów, cukrzycy, chorób związanych z układem krwionośnym. Badano zależność pomiędzy spożyciem magnezu a stężeniem w surowicy parametrów zapalnych: białka CRP, interleukiny 6 (IL-6), TNF α , E-selektyn. W badaniach uwzględniono takie parametry, jak: palenie papierosów, spożywanie alkoholu, stosowanie HTZ, wskaźnik masy ciała, aktywność fizyczna. Stwierdzono, że niedobór magnezu związany był z podwyższonym poziomem białka CRP i E-selektyn. Potwierdzają to badania wykonane na 3713 kobietach w wieku 50–79 lat przez Women's Health Initiative Observational Study (31).

Magnez bierze udział w procesach związanych ze wzmacnianiem i przebudową kości. Hipomagnezemia powoduje zmniejszone wydzielanie parathormonu i jest jednym z czynników ryzyka postmenopauzalnej osteoporozy. Najnowsze badania sugerują, że przy stwierdzonej hipomagnezemia suplementacja magnezem zwiększa gęstość kości i zmniejsza utratę masy kostnej w 80% przypadkach osteoporozy. W eksperymentalnym niedoborze magnezu wywołanym u szczurów stwierdzono również zmniejszoną aktywność osteoblastów. Wyniki te zostały potwierdzone w badaniach *in vitro*.

Kobietom po menopauzie zalecane jest dostarczanie co najmniej 1000 mg wapnia dziennie, natomiast spożycie magnezu jest często poniżej zalecanego. Ten nieprawidłowy stosunek wapnia do magnezu może wpływać na zmniejszenie absorpcji magnezu (32).

Suplementacja magnezem wpływała korzystnie na gęstość masy kostnej u osób biorących udział w przekrojowym badaniu Framingham Heart Study (1996–2000) (33).

Women's Health Initiative Study ostrzega jednak, że nadmierne spożycie magnezu może mieć szkodliwy wpływ na metabolizm kości i prowadzić do zaburzeń w mineralizacji i hamowania powstawania kryształów hydroksyapatytu.

Niedobór magnezu może odgrywać znaczącą rolę w patogenezie bólów głowy, a szczególnie – migreny. Randomizowane badania przeprowadzone w Niemczech wy-

kazały, że jednorazowe przyjęcie *trimagnesium dicitrate* w dawce 600 mg zmniejsza częstość migreny w porównaniu z placebo podczas gdy niższa dawka podana dwa razy dziennie nie wywołuje takiego efektu. Potwierdzają to badania przeprowadzone w grupie 40 chorych z migreną bez aury. Badane osoby otrzymywały cytrynian magnezu w dawce 600 mg/dobę. Konieczne jest przeprowadzenie dalszych badań potwierdzających możliwość stosowania preparatów magnezu w leczeniu bólów migrenowych (34).

Nadmiar magnezu

Występuje przy wzroście stężenia magnezu w surowicy powyżej 1,5 mmol/dm³. Może być wywołany przedawkowaniem dożylnym magnezu, bardzo rzadko doustnym albo niewydolnością nerek, niedoczynnością tarczycy, nowotworami, niektórymi chorobami autoimmunologicznymi. Objawy nadmiaru to: spadek ciśnienia krwi, osłabienie, bradykardia, hipotonia mięśniowa z osłabieniem odruchów ścięgniastych, zaburzenia świadomości.

Suplementy diety

Wykazano, że podaż magnezu z dietą jest poniżej zalecanych wartości szczególnie wśród osób starszych i młodych kobiet. Oznacza to, że suplementacja magnezem może mieć duże znaczenie dla niektórych grup społecznych. W przypadku hipomagnezemii, lub uzupełnienia niedoboru magnezu w naszej diecie często sięgamy po suplementy diety. Na naszym rynku dostępne są różne preparaty zawierające magnez. Różnią się ilością jonów magnezu, dodatkami witaminy B₆, ale przede wszystkim rodzajem soli: nieorganicznych chlorek, siarczan, węglan, tlenek i organicznych: cytrynian, asparaginian, glukonian i mleczan. Magnez jest pierwiastkiem trudno przyswajalnym, ważny jest dobór prawidłowego związku. Dane literaturowe dotyczą biodostępności różnych form magnezu. Badania te nie są sprawą prostą i nie do końca wiarygodnie pokazującą całkowitą absorpcję magnezu. Dotyczą najczęściej 24 godz. wydalania Mg z kałem lub jego poziomu w osoczu.

W doświadczeniu przeprowadzonym w 1973 r. za pomocą badań bilansowych na szczurach badano dostępność magnezu z preparatów nieorganicznych: węglan, chlorek, tlenek, fosforan, krzemian. Stwierdzono, że dostępność magnezu z chlorku i węglanu była największa w stosunku do pozostałych soli (35).

Coudray i współpracownicy (36) badali jelitowe wchłanianie magnezu i wydalanie z moczem u szczurów z różnych preparatów organicznych: octan, pidolan, cytrynian, glukonian, mleczan, asparaginian i nieorganicznych: chlorek, tlenek, siarczan, węglan z zastosowaniem technik izotopowych. Badania wykazały, że sole organiczne są lepszym źródłem magnezu niż nieorganiczne. Najlepszym źródłem magnezu jest cytrynian i glukonian. Walkera i współpracownicy (36) badali biodostępność magnezu w randomizowanych badaniach u 46 zdrowych osób, którym podawano cytrynian magnezu, chelat aminokwasowy (autorzy nie podali jaki to był związek), tlenek magnezu (300 mg magnezu/dzień). Po upływie 60 dni nastąpił wzrost wydalania z moczem po cytrynianie i chelacie aminokwasowym. Tylko cytrynian powodował znaczny wzrost stężenia magnezu w osoczu zarówno po suplementacji krótkiej (3 dni) jak i po 60 dniach.

Lindberg i współpr. (37) prowadzili badania dotyczące biodostępności magnezu z cytrynianu i tlenku z udziałem 17 zdrowych wolontariuszy w wieku 22–40 lat, którym podawano 608 mg magnezu w postaci dwóch suplementów cytrynianu i tlenku. Stwierdzono lepsze wchłanianie i biodostępność magnezu z cytrynianu.

W innych badaniach podawano 16 zdrowym ochotnikom w wieku 25–55 lat 4 preparaty zawierające magnez: tlenek, chlorek, mleczan, asparaginian (510 mg/dzień). Biodostępność magnezu badano mierząc jego poziom w moczu. Wydalanie magnezu wzrosło po mleczenie, asparaginianie i chlorku co świadczy o niskiej biodostępności tlenku magnezu (35).

Bohmer i współpr. (38) oceniali biodostępność różnych preparatów magnezu: cytrynianu, wodorotlenku, mleczanu, chlorku badając stężenie magnezu w moczu po 24 h u 18 studentek otrzymujących od 365 do 501 mg magnezu/dzień. Wydalanie z moczem było wyższe niż w placebo, nie wykazano statystycznie istotnych różnic pomiędzy solami z wyjątkiem cytrynianu dla którego wydalanie było wyższe.

W przedstawionych pracach zastosowana metodologia badań jest różna. Aby ocenić biodostępność magnezu mierzono stężenie magnezu w surowicy, osoczu, moczu lub wewnątrz komórek. Pomimo tych różnic wyniki są spójne. Wpływ na biodostępność ma przede wszystkim stopień rozpuszczalności (tab. V).

Tab e l a V. Rozpuszczalność różnych rodzajów soli magnezowych (35)

Tab l e V. Solubility of a Number of Mg Salts

Rodzaj soli zawierających magnez	Rozpuszczalność w wodzie w temp. 20–25°C g/dm ³
Ortofosforan magnezu	Nierozpuszczalny*
Pirofosforan magnezu	Nierozpuszczalny*
Hydroksywęglan magnezu	Nierozpuszczalny*
Tlenek magnezu	0,006
Wodorotlenek magnezu	0,007
Węglan magnezu	1,8
Szczawian magnezu	0,4
Wodorofosforan magnezu	3
Mleczan magnezu	33
Glukonian magnezu	160
Cytrynian magnezu	200
Siarczan magnezu	357
Chlorek magnezu	560
Octan magnezu	656
Azotan magnezu	712

* rozpuszczalność w wodzie poniżej 0,001g/dm³

W aptece znajdują się różne preparaty zawierające magnez w postaci tabletek do połykania czy rozpuszczania. Wybierając suplement zwracamy uwagę na:

- związek w postaci którego występuje magnez pamiętając, że związki organiczne rozpuszczają się lepiej niż nieorganiczne;
- zawartość % jonów magnezowych;
- obecność witaminy B₆, która zwiększa wchłanianie i transport magnezu;
- dla osób chorych na chorobę wrzodową – dojelitowa postać tabletek.

A. Karmańska, A. Stańczak, B. Karwowski

MAGNESIUM: CURRENT STATE OF KNOWLEDGE

PIŚMIENNICTWO

1. *Swaminathan R.*: Magnesium Metabolism and its Disorders. *Clin Biochem Rev* 2003; 24(5):47-67. – 2. *Herroeder S., Schönherr M., De Hert S., Hollman M.*: Magnesium – Essentials for Anesthesiologists. *Anesthesiology* 2011; 4(114): 971-993. – 3. *Bancerz B., Duś-Żuchowska M., Cichy W., Matusiewicz H.*: Wpływ magnezu na zdrowie człowieka. *Prz. Gastroenterol.* 2012; 7(6): 359-366. – 4. Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes. Food and Nutrition Board: Dietary Reference Intakes: Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D and Fluoride. National Academy Press. Washington, DC, 1997; 190-249. – 5. *Voets T., Nilius B., Hoefs S., van der Kemp A.W., Droogmans G., Bindels R.J., Hoenderop J.G.*: TRPM6 forms the Mg²⁺ influx channel involved in intestinal and renal Mg²⁺ absorption. *J. Biol. Chem.* 2004; 279: 19-25. – 6. *Trzeciakiewicz A., Opolski A., Mazur A.*: TRPM7 – białko odpowiedzialne za homeostazę magnezu w komórce. *Postępy Hig. Med. Dośw. (online)*, 2005; 59: 496-502. – 7. *Brink E.J., Beynen A.C., Dekker P.R., van Beresteijn E.C., van der Meer R.*: Interaction of calcium and phosphate decreases ileal magnesium solubility and apparent magnesium absorption in rats. *J. Nutr.* 1992; 122: 580-6. – 8. *Schmitz C., Perraud A.L., Johnson C.O., Inabe K., Smith M.K., Penner R., Kurosaki T., Fleig A., Scharenberg A.M.*: Regulation of vertebrate cellular Mg²⁺ homeostasis by TRPM7. *Cell* 2003; 114: 191-200. – 9. *Behar J.*: Effect of calcium on magnesium absorption. *Am. J. Physiol.* 1975; 229: 1590-5. – 10. *Spencer H., Norris C., Williams D.*: Inhibitory effects of zinc on magnesium balance and magnesium absorption in man. *J. Am. Coll. Nutr.* 1994; 13: 479-84.

11. *Bohn T.*: Dietary Factors Influencing Magnesium Absorption in Humans. *Current Nutrition & Food Science*, 2008; 4(1): 1-20. – 12. *Coudray C., Bellanger J., Vermorel M., et al.*: Two polyol, low digestible carbohydrates improve the apparent absorption of magnesium but not of calcium in healthy young men. *J. Nutr.* 2003; 133: 90-3. – 13. *Schwartz R., Woodcock N.A., Blakely J.D., MacKellar I.*: Metabolic responses of adolescent boys to two levels of dietary magnesium and protein. II. Effect of magnesium and protein level on calcium balance. *Am. J. Clin. Nutr.* 1973; 26: 519-23. – 14. *van Dokkum W., Cloughley F.A., Hulshof K.F., Oosterveen L.A.*: Effect of variations in fat and linoleic acid intake on the calcium, magnesium and iron balance of young men. *Ann. Nutr. Metab.* 1983; 27: 361-9. – 15. *Ricketts C., Kies C., Garcia P., Fox H.M.*: Manganese and magnesium utilization of humans as affected by level and kind of dietary-fat. *Fed Proc* 1985; 44: 1850-. – 16. *Kies, C.; Samudio, V.; Ricketts, C.; Garcia, P. A.*: Calcium, magnesium, and manganese utilization by healthy females as affected by dietary fat alterations. North Central Regional Research Publication 1992; (331): 52-57. – 17. *Bohn T., Davidsson L., Walczyk T., Hurrell R.F.*: Phytic acid added to white-wheat bread inhibits fractional apparent magnesium absorption in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 2004; 79: 418-23. – 18. *Majewska-Michalak M.*: Analiza zawartości szczawianów w popularnych naparach herbat i kaw. *Bromat. Chem. Toksykol.* 2013; 46(1): 74-79. – 19. *Kelsay J.L., Prather E.S.*: Mineral balances of human subjects consuming spinach in a low-fiber diet and in a diet containing fruits and vegetables. *Am. J. Clin. Nutr.* 1983; 38: 12-9. – 20. *Drews L.M., Kies C., Fox H.M.*: Effect of dietary fiber on copper, zinc, and magnesium utilization by adolescent boys. *Am. J. Clin. Nutr.* 1979; 32: 1893-7.

21. *Taper L.J., Milam R.S., McCallister M.S., Bowen P.E., Thy F.W.*: Mineral retention in young men consuming soy-fiber-augmented liquid-formula diets. *Am. J. Clin. Nutr.* 1988; 48: 305-11. – 22. *Stasse-Wolthuis M., Albers H.F., van Jeveeren J.G. et al.*: Influence of dietary fiber from vegetables and fruits,

bran or citrus pectin on serum lipids, fecal lipids, and colonic function. *Am. J. Clin. Nutr.* 1980; 33: 1745-56. – 23. *Jarosz M., Bulhak-Jachymczuk B.*, (redaktorzy): Normy żywienia człowieka. Podstawy prewencji otyłości i chorób niezakaźnych. Warszawa: PZWL; 2008. – 24. *Bancerz B., Duś-Żuchowska M., Cichy W., Matusiewicz H.*: Wpływ magnezu na zdrowie człowieka *Prz. Gastroenterol.* 2012; 7 (6): 359-366. – 25. *Nadler N.J., Buchanan T., Natarajan R., Antonipillai I., Bergman R., Rude R.*: Magnesium deficiency produces insulin resistance and increased thromboxane synthesis. *Hypertension.* 1993; 21: 1024-1029. – 26. *Rivlin R.S.*: Magnesium deficiency and alcohol intake: mechanisms, clinical significance and possible relation to Cancer development (a review) *J. Am. Col. Nutr.* 1994; 13: 416-423. – 27. *Ho K.M.*: Intravenous magnesium for cardiac arrhythmias; Jack of all trades. *Magnes res.* 2008; 21: 65-68. – 28. *Rowe B.H., Bretzlaff J.A., Bourdon C., Bota G.W., Camargo C.A. Jr.*: Magnesium sulfate for treating exacerbations of acute asthma in the emergency department. *Cochrane Database Syst Rev* 2000. – 29. *King D.E., Mainous A.G., Geesey M.E., Woolson R.F.*: Dietary magnesium and C-reactive protein levels. *J. Am. Coll. Nutr.* 2005; 24: 166-171. – 30. *Guerro-Romero F.*: Relationship between serum magnesium levels and C-reactive protein concentration in non diabetic, non-hypertensive obese subjects. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* 2002; 26: 469-474 .

31. *Song Y., Li TY., van Dam R.M. Manson J.E., Hu F.B.*: Magnesium intake and plasma concentrations of markers of systemic inflammation and endothelial dysfunction in women. *Am. J. Clin. Nutr.* 2007; 85(4): 1068-74. – 32. *Sojka J.E., Weaver C.M.*: Magnesium supplementation and osteoporosis. *Nutr. Rev.* 1995; 53: 71-74. – 33. *Castiglioni S., Cazzaniga A., Albisetti W. Maier J.*: Magnesium and Osteoporosis: Current State of Knowledge and future reasearch Directions. *Nutrients.* 2013; 5: 3022-3033. – 34. *Zawadzka M., Pilarska E.*: Preparaty magnezu w leczeniu migreny – przegląd wybranego piśmiennictwa. *Neurologia Dziecięca* 2012; 21: 43-35. – 35. *Rylander R.*: Bioavailability of Magnesium Salts – A Review. *J. of Pharm. and Nutr. Scien.* 2014; 4(1): 57-59. – 36. *C. Coudray C., Rambeau M., Feillet-Coudray C., Gueux E., Tressol J.C., Mazur A.*: Rayssiguier Y. Study of magnesium bioavailability from ten organic and inorganic Mg salts in Mg-depleted rats using a stable isotope approach. *Magnesium Res.* 2005; 18(4): 215-23. – 36. *Walker A.F., Marakis G., Christie S., Byng M.*: Mg citrate found more bioavailable than other Mg preparations in a randomised, double-blind study. *Magnesium Res.* 2003; 16: 183-191. – 37. *Lindberg J.S., Zobits M.M., Poindexter J.R., Pak C.Y.*: Magnesium bioavailablity from magnesium citrate and magnesium oxide. *J. Am. Coll. Nutr.* 1990; 9: 48-55. – 38. *Bohmer T., Roseth A., Holm H., Weberg-Teigen S., Wahl L.*: Bioavailability of oral magnesium supplementation in female students evaluated from elimination of magnesium in 24-hour urine. *Magnesium Trace Elem* 1990; 9: 272-78.

Adres: 90-151 Łódź, ul. Muszyńskiego 1