

Rola żelaza w prawidłowym funkcjonowaniu organizmu

The role of iron in the proper body function

dr n. farm. Anna Nowicka, mgr biot. Aleksander Zuchowski

PDF FULL-TEXT
www.lekwpolisce.pl

Oddano do publikacji: 09.03.2016

Słowa kluczowe: żelazo hemowe, żelazo niehemowe, niedobór, rola w organizmie.

Streszczenie: Żelazo to pierwiastek niezbędny do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Jest składnikiem hemoglobiny, uczestniczy w wielu procesach metabolicznych, także w transporcie i magazynowaniu tlenu w tkankach. Jest niezbędne do prawidłowego wzrostu i rozwoju oraz regeneracji tkanek. Żelazo wspomaga walkę z wolnymi rodnikami, stymuluje odporność oraz redukuje uczucie zmęczenia.

Żelazo dostarczane w produktach można podzielić na: żelazo hemowe (pochodzenia zwierzęcego) i żelazo niehemowe (pochodzenia roślinnego). Po spożyciu pokarmów pochodzenia zwierzęcego poziom przyswojenia żelaza hemowego wynosi ok. 20%, natomiast kiedy dostarczamy żelazo z produktów roślinnych, wchłanianie jest niższe i zwykle organizm pobiera najwyżej ok. 5%.

Keywords: heme iron, non-heme iron, deficiency, role in human body.

Abstract: Iron is a trace element for the proper functioning of the body. It is a component of hemoglobin, it participates in many metabolic processes, also in the transport and storage of oxygen in tissues. It is essential for proper growth and development, tissue regeneration. Iron helps fight free radicals, stimulates immunity and reduces fatigue.

There are two major sources of food iron: hem iron and non-hem iron. In animal foods, iron is often attached to proteins called heme proteins, and referred to as heme iron. In plant foods, iron is not attached to heme proteins and is classified as non-heme iron. Non-heme iron is found mainly in enriched cereals and pasta, beans, and dark green leafy vegetables. Heme iron is typically absorbed at a rate of 20%. Non-heme iron is typically absorbed at a rate of 5%. Absorption of non-heme iron is relatively inefficient, and can be altered substantially by co-consumption of certain dietary elements.

Wprowadzenie

Żelazo jest jednym z wielu ważnych pierwiastków śladowych występujących w organizmie człowieka. Z całej puli żelaza znajdującego się w organizmie ok. 75% zawartych jest w związkach metabolicznie aktywnych, tj. hemoglobinie, mioglobinie, transferynie czy enzymach. Pozostałą część tworzy pula zapasowa zlokalizowana w wątrobie i śledzionie (ferrytyna, hemosyderyna) [1].

W organizmie dorosłego człowieka znajduje się ok. 3-4 g żelaza, a u dzieci jego poziom jest znacznie niższy. Zawartość żelaza w organizmie wynosi przeciętnie: 2,3 g u kobiet (42 mg/kg) i 3,8 g u mężczyzn (50 mg/kg). Z tego 70% jest żelazem aktywnym. Z pokarmem dostarczane jest w ciągu doby 10-15 mg żelaza, a w jelicie cienkim ulega wchłanianiu od 0,7 do 1,5 mg. Ze względu na przyswajanie jedynie ok. 10% spożytego żelaza, ilość tego pier-

wiastka zawarta w diecie musi być odpowiednio wyższa [2,3].

Wchłanianie żelaza z przewodu pokarmowego zależy od postaci i łącznej zawartości żelaza w pokarmach oraz aktywności wchłaniającej błony śluzowej jelita w odniesieniu do żelaza.

Żelazo w żywności występuje w dwóch postaciach:

- dwuwartościowe żelazo hemowe w produktach pochodzenia zwierzęcego – łatwiejsze do przyswojenia,
- trójwartościowe żelazo niehemowe w produktach roślinnych – trudno przyswajalne.

Największą dostępność biologiczną wykazuje żelazo hemowe. Ulega ono resorpcji w postaci niezmienionej przez nabłonek jelitowy. Wchłanianie żelaza hemowego następuje po uwolnieniu go z kompleksu z pierścieniem porfirynowym. Żelazo hemowe znajduje się głównie w produktach zwierzęcych. Przyswajalność tej formy żelaza wynosi 20-30%, nie podlega większym wahaniom i jest niezależne od ogólnego poziomu żelaza w organizmie.

Dostępność biologiczna żelaza niehemowego, którego źródłem są produkty roślinne, jest znacznie mniejsza i wynosi zaledwie 5%. Zależy ona od różnych czynników. Istotny wpływ, zwiększający wchłanianie żelaza w przewodzie pokarmowym, wywiera kwas solny zawarty w soku żołądkowym. Zapobiega on powstawaniu kompleksów żelaza, które są trudno wchłaniane przez przewód pokarmowy.

Aby żelazo mogło pełnić swoje funkcje, musi zostać zredukowane z trójwartościowego na dwuwartościowe. Jedynie takie żelazo jest dla organizmu użyteczne. W kwaśnym środowisku żołądka żelazo uwalniane jest ze związków i redukowane do postaci jonów Fe^{2+} . W komórkach nabłonka błony śluzowej jelita dwuwartościowe jony są utleniane do jonów trójwartościowych, gdzie łączą się z apo-

ferrytyną, tworząc ferrytynę – formę zapasową żelaza w komórkach jelita. Ferrytyna pełni rolę magazynu żelaza, występującego głównie w błonie śluzowej jelita oraz w wątrobie, śledzionie, szpiku, łożysku. Cząsteczka ferrytyny może wiązać do 4500 jonów żelaza, co stanowi ok. 20% masy białka [4,5].

Kolejnym czynnikiem warunkującym wchłanianie żelaza z przewodu pokarmowego jest stan zapasów tego pierwiastka w organizmie. W stanach niedoboru żelaza jego wchłanianie się zwiększa. Żelazo może zostać zużyte w procesach metabolicznych lub jest magazynowane w komórkach wątroby, śledziony i szpiku kostnego.

Utrata żelaza następuje głównie poprzez przewód pokarmowy wraz ze złuszczającymi się komórkami (0,75 mg/dobę). U kobiet bardzo istotną drogą utraty jest krew miesięczkowa (1-5 mg/dobę). Aby zrównoważyć utratę tego pierwiastka, podobną ilość należy dostarczyć w diecie. Straty żelaza są normalne i nieuniknione, zachodzą fizjologicznie i niezależnie od wielkości aktualnych zapasów tego pierwiastka w organizmie [4].

Silne właściwości redox żelaza sprawiają, że choć pierwiastek ten jest niezbędny do prawidłowego funkcjonowania, może być również niebezpieczny. Wolne jony żelaza mogą powodować uszkodzenie DNA czy peroksydację lipidów. Dlatego organizm człowieka posiada systemy białkowe, które umożliwiają bezpieczny transport i magazynowanie tego mikroelementu.

Rola żelaza w ustroju

Żelazo to pierwiastek bardzo szeroko rozpowszechniony w przyrodzie i praktycznie niezbędny do prawidłowego funkcjonowania żywej komórki. Jedynie znane organizmy niewymagające żelaza do życia to bakterie z rodzaju *Lacto-*

bacillus. Jest cennym składnikiem mineralnym i spełnia bardzo wiele ważnych funkcji w organizmie człowieka. Żelazo jest mikroelementem ze względu na niskie dzienne zapotrzebowanie oraz niewielką zawartość w ustroju.

W organizmie żelazo nie występuje w stanie wolnym. Wiąże się z wieloma istotnymi białkami: hemoglobina (w erytrocytach) i mioglobina (w mięśniach). Wchodzi w skład centrów aktywnych licznych enzymów (katalazy, oksydazy, cytochromów, peroksydazy, dehydrogenazy czy reduktazy), uczestniczących w podstawowych procesach metabolicznych, takich jak synteza kwasów nukleinowych czy transport elektronów [6].

Jony żelaza biorą udział w syntezie i katabolizmie niektórych hormonów, kolagenu, procesie fagocytozy, wytwarzaniu limfokin i innych substancji ważnych dla aktywności limfocytów, wytwarzaniu związków bogatoenergetycznych, procesach detoksyfikacyjnych różnych związków, w tym leków. Wpływają ponadto na cykl komórkowy, różnicowanie i proliferację komórek.

Żelazo jest także niezbędne dla prawidłowego funkcjonowania układu odpornościowego [7]. Jego zadaniem jest zapewnienie właściwej ilości komórek układu immunologicznego. Poprzez generowanie wolnych rodników chroni organizm przed infekcjami [8,9].

Wpływa na wrażliwość receptorów dopaminergicznych, mielinizację osłonek nerwowych oraz produkcję neuroprzekaźników (dopaminy, serotoniny, noradrenaliny), pełniąc istotną rolę w regulacji czynności układu nerwowego.

Odpowiedni poziom żelaza w organizmie utrzymuje sprawność intelektualną. Ponadto redukuje uczucie zmęczenia i znużenia, wspomaga zapamiętywanie, koncentrację, szybkość percepcji i wystawianie się.

Niedobór żelaza

Niedobór żelaza jest najpowszechniej występującym niedoborem pokarmowym [10]. Mała ilość żelaza w organizmie może wynikać z nieprawidłowej diety, złego odżywiania czy zaniedbania organizmu, co wiąże się z niewłaściwym trybem życia i brakiem ruchu. Do niedoboru żelaza może dojść podczas intensywnych krwawień, obfitych miesiączek, upośledzonego wchłaniania jelitowego oraz w przebiegu chorób zakaźnych i pasożytniczych [11].

Biodostępność żelaza zależna jest od szeregu czynników: stanu gospodarki żelazem danego organizmu, zawartości żelaza w pokarmie oraz obecności czynników hamujących i wspomagających jego wchłanianie. Istotną jest także postać żelaza. Przeciętnie zdrowy człowiek jest w stanie przyswoić 10-15% spożywanego żelaza – ok. 6% u mężczyzn i 13% u kobiet, z uwagi na mniejsze zapasy żelaza [12]. Grupy szczególnie narażone na niedobór tego pierwiastka to dzieci między 6. miesiącem a 4. r.ż., młodzież, kobiety w wieku rozrodczym (miesiączkujące), kobiety ciężarne oraz osoby starsze (z zaburzeniami wchłaniania).

Proces wchłaniania żelaza odbywa się głównie w jelicie cienkim, a jego zaburzenia mogą być przyczyną niedoborów tego pierwiastka. Procesy chorobowe dotyczące tego odcinka przewodu pokarmowego, takie jak celiakia, choroba Leśniowskiego-Crohna, mogą prowadzić do niedoborów żelaza.

Najczęstszą konsekwencją niedoboru żelaza jest niedokrwistość. Do głównych objawów anemii należą: zmęczenie, osłabienie, występowanie siniaków, krwawienie z nosa, łamliwość paznokci, obniżenie odporności, podatność na infekcje, a nawet zaburzenia rytmu serca. Najczęstszym objawem niedoboru żelaza jest osłabienie, nieproporcjonalnie większe

w stosunku do stwierdzanej niedokrwistości. Wiąże się ono ze zmniejszeniem siły mięśniowej, spadkiem wydolności organizmu. W stanach niedoboru żelaza stwierdza się zapalenie języka i kącików wargowych, świąd skóry. Wśród pacjentów z niedoborem żelaza często obserwuje się spadek apetytu. Stan niedoboru żelaza zwiększa ryzyko zatrucia ołowiem i kadmem. U dzieci niedokrwistość z niedoboru żelaza jest czynnikiem ryzyka wystąpienia udaru [13].

Jednak w niektórych sytuacjach niedobór żelaza może pełnić ochronną rolę. Uzupełnianie niedoborów żelaza u pacjentów wyniszczonych może zwiększyć aktywność wirusa HIV, prątków gruźlicy, czy zarodźca malarii [14,15]. Jeżeli spadkowi odporności w przebiegu choroby towarzyszy niedobór żelaza, rzadziej obserwuje się zakażenia oportunistyczne. W przewlekłych stanach zapalnych niedokrwistość jest naturalną formą obrony organizmu.

Zapobieganie niedoborom żelaza ma podstawowe znaczenie w zapobieganiu niedokrwistości z niedoboru żelaza. Najprostszym sposobem jest wzbogacenie diety w produkty zawierające żelazo.

Nadmiar żelaza

Hemochromatoza to choroba genetyczna polegająca na nadmiernym gromadzeniu żelaza

za w organizmie, głównie w wątrobie, trzustce i innych narządach, co powoduje zatrucia. W chorobie tej szczególnie narażona jest wątroba, gdyż to ona jest w głównej mierze odpowiedzialna za pobieranie i magazynowanie nadmiaru żelaza. Może dojść do jej marskości, a także cukrzycy i kardiomiopatii.

Nadmierne ilości żelaza mogą powodować powstawanie w organizmie wolnych rodników, a w konsekwencji zwiększenie ryzyka wystąpienia nowotworów i chorób układu krążenia [16]. Nadmiar żelaza w organizmie może spowodować również zaburzenia hormonalne, bóle stawów, osteoporozę czy depresję.

Źródła żelaza

Żelazo dostarczane w produktach można podzielić na:

- żelazo hemowe (pochodzenia zwierzęcego),
- żelazo niehemowe (pochodzenia roślinnego).

Ten pierwszy rodzaj żelaza, czyli żelazo hemowe, charakteryzuje się wyższą biodostępnością i łatwiej się wchłania niż żelazo niehemowe, które jest dostarczane tylko z produktami pochodzenia roślinnego [17] (tab. 1).

Zapotrzebowanie na żelazo zależy od wieku, płci, stanu fizjologicznego i aktywności fizycznej.

Średnie zapotrzebowanie na żelazo dla mężczyzn wynosi 6 mg/d, dla kobiet w wieku 19-50 lat – 8 mg/d, a po 50. r.ż. – 6 mg/d.

Główne źródła żelaza

Tabela 1

Żelazo hemowe	Żelazo niehemowe
chude mięso czerwone	rośliny strączkowe
drób	orzechy
wątróbka	chleb z pełnego przemiału
	zielone warzywa (rzeżucha i brokuły)
	boćwinka, buraki
	suszone owoce: morele, śliwki, rodzynki
	żółtka jaj

Zdecydowanie większe średnie zapotrzebowanie na żelazo ustalono dla kobiet ciężarnych – 23 mg/d [3].

Najlepszym źródłem żelaza hemowego są: ryby oraz mięso, przede wszystkim wołowina, w której jest go ponad dwukrotnie więcej niż w wieprzowinie czy drobiu. Białka mięsa wywierają korzystny wpływ na wchłanianie żelaza, nie tylko w nim zawartego, ale także żelaza niehemowego. Żelazo hemowe znajduje się również w dużych ilościach w podrobach (wątrobie, sercu) oraz mięczakach (małżach, ostrygach i ośmiornicy) [18-20] (tab. 2).

Czynniki ułatwiające wchłanianie żelaza to:

- niska zawartość żelaza w organizmie,
- witamina C (naturalna i syntetyczna),
- obecność mięsa,
- produkty fermentowane,
- kwas mlekowy [21].

Korzystny wpływ wywierają także: kwas foliowy, kwas bursztynowy, fruktoza, miedź; aminokwasy: L-cysteina, histydyna, glutation, zawarte m.in. w sokach owocowych, papryce, kwaszonej kapuście, czerwonym winie, natce pietruszki, brokułach, czarnej porzeczce.

Niektóre związki (szczawiany, taniny, fosforany) obniżają przyswajalność żelaza z pożywienia, stąd takie pokarmy jak mleko, jaja, herbata, kawa, szpinak utrudniają wykorzystanie żelaza z diety [23]. Spożywanie wraz z posiłkiem nabiała – mleka lub serów, może obniżyć wchłanianie żelaza aż o 60%. Odpo-

wiedzialne są za to wapń oraz kazeina zawarte w mleku [24]. Produkty bogate w kwas fitynowy zmniejszają wchłanianie tego pierwiastka. Kwas fitynowy jest obecny m.in. w otrębach pszennych, ziarnach soi, kawie, herbatce, orzechach i czekoladzie. Przystawianie żelaza ogranicza duża zawartość wapnia, magnezu i fosforu, a także duża ilość w diecie tłuszczu czy białka roślinnego.

Niedobór witaminy A jest czynnikiem hamującym wykorzystywanie żelaza z jego rezerw.

Badania wykazały również, że żelazo przyjmowane w płynnej formie jest bardziej efektywne i lepiej tolerowane. Jest więc lepiej przyswajalne przez organizm i nie powoduje zapań tak jak tabletki zawierające żelazo [25].

Często wyrównanie niedoborów wymaga użycia preparatów żelaza. Najczęściej stosuje się doustne suplementy żelaza, które jednak nie zawsze charakteryzują się dobrą przyswajalnością i dość często dają uciążliwe objawy niepożądane, takie jak: zaburzenia trawienne, nudności, biegunkę lub zaparcia, metaliczny posmak w ustach, rzadko wysypkę uczuleniową (tab. 3).

Podsumowanie

Żelazo to pierwiastek konieczny do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Jest składnikiem hemoglobiny, która odpowiada za transportowanie tlenu. Poza tym żelazo wpływa na prawidłowy wzrost, rozwój i regenera-

Podział produktów w zależności od zawartości żelaza

Tabela 2

Zawartość żelaza w 100 g	Produkty
< 1 mg	mleko i produkty mleczne, ziemniaki, ryby, owoce, ryż, warzywa
1 - 4 mg	pieczywo i inne produkty zbożowe, mięso, drób, jaja, groszek zielony, boćwina, buraki
> 4 mg	podroby (wątroba, nerki), suche nasiona roślin strączkowych, natka pietruszki

Przyswajalność żelaza a dieta

Tabela 3

Związki zwiększające wchłanianie żelaza	Związki zmniejszające wchłanianie żelaza
Witamina C – zwiększenie wchłaniania 2-3-krotnie, tzw. czynnik mięsny (prawdopodobnie cysteina)	kompleksy fitynianów i polifenoli
	kawa redukuje wchłanianie Fe o 40%
	herbata redukuje wchłanianie Fe o 60%
	czerwone wino redukuje wchłanianie Fe o 75%
	wapń
	białko jaja kurzego
	kazeina
	białka roślin strączkowych

cję tkanek, stymuluje odporność oraz eliminuje uczucie zmęczenia i znużenia.

Żelazo jest jednym z najstąbiej wchłanianych pierwiastków. Organizm przyswaja go zaledwie od 1 do 20%. Lepiej wchłaniane jest tzw. żelazo hemowe, którego źródłem są produkty mięsne, np. wołowina, cielęcina, wieprzowina, drób oraz ryby. Gorzej przyswajane jest żelazo niehemowe, występujące przede wszystkim w produkty roślinnych. W największych ilościach występuje ono w tofu, fasoli, orzechach, płatkach owsianych, kaszy gryczanej, burakach i jajkach.

Dodatkową suplementację żelaza należy skonsultować z lekarzem lub farmaceutą, po wcześniejszym przeprowadzeniu odpowiednich badań laboratoryjnych, stwierdzających jego niedobór w organizmie. © P

Piśmiennictwo:

- Gawędzki J, Hryniewiecki L. Żywność człowieka. Podstawy nauki o żywieniu. Wyd. 2. PWN. Warszawa 2000.
- Erdman JW, Macdonald IA, Zeisel SH. Present knowledge in nutrition. Wyd. 10. Wiley-Blackwell. Waszyngton 2012.
- Jaroszyński M. Normy żywienia dla populacji polskiej – nowelizacja. Instytut Żywności i Żywienia. Warszawa 2012.
- Ponka P. Cell biology of heme. Am. J. Med. Sci. 1999; 318:241–256.
- Abdallah FB, El Hage Chahine JM. Transferrins: iron release from lactoferrin. J. Mol. Biol. 2000; 303: 255–266.
- Berg JM, Tymoczko JL, Stryer L. Biochemia. PWN. Warszawa 2005.
- Oppenheimer SJ. Iron and its relation to immunity and infectious disease. J Nutr 2001;131:616S-33S.
- Bullen JJ. The significance of iron in infection. Rev. Infect. Dis. 1981; 3: 1127–1138.

- Weinberg ED. Iron and infection. Microbiol. Rev. 1978; 42: 45–66.
- Orlicz-Szczęśna G, Żelazowska-Posiej J, Kucharska K. Niedokrwistość z niedoboru żelaza. Curr. Probl. Psychiatry 2011; 12(4):590-594.
- Finch CA, Cook JD. Iron deficiency. Am J Clin Nutrition 1984;39:471-7.
- Guyatt GH, Oxman AD, Ali M, Willan A, McIlroy W, Patterson C. Laboratory diagnosis of iron-deficiency anemia: an overview. J Gen Intern Med 1992;7:145-53.
- Cook JD, Skikne BS and Baynes RD. 1994. Iron deficiency. The global perspective. Advances in Experimental Medicine and Biology. 1356, 219 -228.
- Andrew M, Prentice J. Iron Metabolism, Malaria, and Other Infections: What Is All the Fuss About? Nutr 2008;138:2537-41.
- Fritsch G, Sawatzki G, Treumer J, Jung A, Spira DT. Plasmodium falciparum: inhibition in vitro with lactoferrin, desferri-ferrithiocin, and desferrirocinn. Exp. Parasitol. 1987; 63: 1–9.
- Sullivan JL. 1981. Iron and the sex difference in heart disease risk. Lancet. 1(8233) 1293-1294.
- Boldt DH. New perspectives on iron: an introduction. Am. J. Med. Sci. 1999; 318: 207–212.
- Carpenter CE, Mahoney A.W. Contributions of heme and non-heme iron to human nutrition. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 1992; 31:333-367.
- Hurrell R, Egli I. Iron bioavailability and dietary reference values. Am. J. Clin. Nutr. 2010; 91:1461S-1467S.
- Bull NI, Buss DH. 1980. Haem and Non-haem Iron in British Diets. Journal of Human Nutrition. 34, 141-145.
- Monsen ER. 1988. Iron nutrition and absorption: dietary factors which impact iron bioavailability. Journal of the American Dietetic Association. 88 (7) 786-90.
- Baech SB, Hansen M, Bukhave K, Jensen M, Sørensen SS, Kristensen L, et al. 2003. Nonheme-iron absorption from a phosphate-rich meal is increased by the addition of small amounts of pork meat. American Journal of Clinical Nutrition. 77 (1) 173-9.
- Temme EH. and Van Hoydonck PG. 2002. Tea consumption and iron. European Journal of Clinical Nutrition. 56 (5) 379-86.
- Hurrell R, Lynch SR, Trinidad TP, Dassenko SA and Cook JD. 1989. Iron absorption in humans as influenced by bovine milk proteins. American Journal of Clinical Nutrition. 49, 546-552.
- Casparis, D., Del Carlo, P., Branconi, F., Grossi, A., Merante, D., Gafforio, L. 1996. Effectiveness and tolerability of oral liquid ferrous gluconate in iron-deficiency anemia in pregnancy and in the immediate post-partum period: comparison with other liquid or solid formulations containing bivalent or trivalent iron. Minerva Ginecol. 48, 511-518.