

Witaminy B we wspomaganiu działania układu nerwowego i łagodzeniu zaburzeń poznawczych

B vitamins in supporting the functioning of the nervous system and alleviating cognitive disorders

**dr n. farm. Agnieszka Zielińska**

Zakład Chemii Organicznej i Fizycznej, Wydział Farmaceutyczny,
Warszawski Uniwersytet Medyczny
ORCID: 0000-0002-2244-0627

E-ISSN 2353-8597; ISSN 1231-028X; nr art. Lek.202410.04 © P

DOI: 10.57591/Lek.202410.04

Abstract

The B vitamins are a group of water-soluble compounds with diverse structures. They serve as coenzymes in the human body and are commonly found in the same food products. With a few exceptions, they are not produced or stored by the body, so they must be obtained through diet. B vitamins are present in animal proteins, dairy products, green leafy vegetables, and legume seeds. Deficiency in B vitamins can contribute to the development of various neurological disorders and a wide range of pathological conditions, with the risk increasing as people age, potentially leading to cognitive decline in the elderly. The role of vitamins B₁, B₆, and B₁₂ in maintaining proper nervous system function is crucial, although new studies are highlighting the importance of the other members of this group. B vitamins are essential for optimizing nervous system functions, such as memory, cognitive processing speed, emotional states, problem-solving skills, and concentration. Reduced food intake and decreased absorption efficiency in certain populations, especially the elderly, may necessitate dietary changes or appropriate supplementation.

Keywords: vitamins B, neuroprotective effect, memory.

Streszczenie

Grupę witamin B stanowi zespół związków rozpuszczalnych w wodzie, o zróżnicowanej budowie, których cechą wspólną są funkcje pełnione w organizmie (koenzymy), a także częste występowanie w tych samych produktach spożywczych. Poza wyjątkami nie są wytwarzane ani magazynowane przez organizm, dlatego należy je uzupełniać odpowiednią dietą. Witaminy z grupy B występują w białkach zwierzęcych, produktach mlecznych, zielonych warzywach liściastych i nasionach roślin strączkowych. Niedobór uważany jest za czynnik etiologiczny w rozwoju różnych zaburzeń neurologicznych i szerokiego spektrum stanów patologicznych, którego ryzyko wzrasta z wiekiem, co może prowadzić do pogorszenia funkcji poznawczych u osób starszych. Szczególnie ważna jest rola witaminy B₁, B₆ i B₁₂ w utrzymaniu prawidłowego funkcjonowania układu nerwowego, chociaż nowe badania podkreślają rolę pozostałych członków tej grupy. Witaminy B są niezbędne do optymalizacji funkcji nerwowych, takich jak pamięć, szybkość kojarzenia, stany emocjonalne, umiejętność rozwiązywania problemów i koncentracja. Zmniejszenie spożycia pokarmu i wydajności wchłaniania w niektórych populacjach, szczególnie u osób starszych, może wymagać zmian dietetycznych lub odpowiedniej suplementacji.

Słowa kluczowe: witaminy B, działanie neuroprotektynne, pamięć.

Wprowadzenie

Od dawna wiadomo, że jakość diety człowieka ma bezpośredni wpływ na funkcjonowanie organizmu, w tym mózgu człowieka, przyczynia się do zapobiegania lub łagodzenia objawów chorób i niepełnosprawności. Do składników pożywienia odgrywających kluczową rolę w organizmie należą witaminy z grupy B:

- B₁ (tiamina),
- B₂ (ryboflawina),
- B₃ (niacyna),
- B₅ (kwas pantotenowy),
- B₆ (pirydoksyna),
- B₇ (biotyna),
- B₉ (kwas foliowy),
- B₁₂ (kobalamina).

Pomimo że chemicznie są to bardzo zróżnicowane związki, ich cechą wspólną jest częste występowanie w tych samych produktach spożywczych, dobra rozpuszczalność w wodzie oraz funkcje pełnione w organizmie (koenzymy). Organizm ludzki samodzielnie nie syntetyzuje witamin B ani nie wykazuje zdolności ich magazynowania (z wyjątkiem B₁₂), dlatego bardzo ważne jest ich spożycie w odpowiedniej ilości.

Z wyjątkiem B₁₂ pozostałe witaminy są wytwarzane przez rośliny i to one stanowią główne ich źródło. Duże ilości tych witamin występują w owocach, nasionach strączkowych, produktach zbożowych. Często jednak są spożywane pośrednio z wyższych ogniw łańcucha pokarmowego w żywności pochodzenia zwierzęcego, w tym w mięsie, nabiale i jajach; czasami w formach bardziej bioaktywnych. Dobrym źródłem witamin B są także drożdże. Witamina B₁₂ jest syntetyzowana przez bakterie kolonizujące jelito przednie przeżuwaczy i jest zazwyczaj otrzymywana z żywności pochodzenia zwierzęcego [1,2].

Wszystkie witaminy z grupy B odgrywają kluczową rolę jako koenzymy reakcji enzymatycznych w różnych układach biologicznych. Niektóre z nich nie tylko przyczyniają się do ważnych funkcji fizjologicznych w całym organizmie człowieka,

ale także mają funkcje neurospecyficzne. W szczególności witaminy B₁, B₆ i B₁₂ są niezbędne do utrzymania zdrowia układu nerwowego; odgrywają niezbędną rolę zarówno w ośrodkowym (OUN), jak i obwodowym układzie nerwowym.

Wiadomo, że dieta, a co za tym idzie dostarczanie składników odżywczych ma silny wpływ na prawidłowe funkcjonowanie tych układów. Mózg jest najbardziej aktywnym metabolicznie organem; choć stanowi zaledwie 2% masy ciała, zużywa 20% całkowitego wydatku energetycznego organizmu. Szeroki zakres działania witamin B może zatem wpływać na jego funkcjonowanie, szczególnie że związki te są aktywnie transportowane przez barierę krew-mózg, a ich poziom jest ściśle regulowany i stosunkowo wysoki. Znaczenie witamin B podkreśla fakt, że mogą one poprawiać niektóre stany neurologiczne, nawet jeśli nie można udowodnić ich niedoboru, a suplementacja ich kombinacją często wykazuje działanie synergiczne [3].

Spektrum działania witamin B w organizmie jest niezwykle szerokie. Poniżej przedstawiono najważniejsze aspekty roli tej grupy związków w poprawnym funkcjonowaniu układu nerwowego oraz znaczenie odpowiedniej diety i suplementacji tych witamin.

Witaminy neurotropowe B₁, B₆, B₁₂

Tiamina, pirydoksyna i kobalamina zazwyczaj omawiane są razem ze względu na ich wyjątkowe znaczenie dla funkcjonowania układu nerwowego. Również ich niedobory często współistnieją, a także podkreśla się ich wzajemne synergistyczne działanie.

Witamina B₁ – tiamina

Tiamina odgrywa kluczową rolę w metabolizmie energetycznym, funkcjonowaniu ośrodkowego i obwodowego układu nerwowego, w tym w rozwoju procesów poznawczych. Bierze udział w cyklu Krebsa, działa jako kofaktor dla wielu enzymów uczestniczących w metabolizmie wę-

Tabela 1. Charakterystyka witamin z grupy B [1,2,4]

Witamina	Produkty spożywcze o największej zawartości	Objawy umiarkowanego niedoboru ze strony układu nerwowego	Dzienna zalecana dawka spożycia (RDA)
B₁ tiamina	groch, fasola biała, soja, orzechy, mięso wieprzowe (połędwica, schab), wątroba wołowa, drożdże piekarskie	zaburzenia pamięci, rozdrażnienie, zmęczenie, brak koncentracji, zaburzenia snu	mg/osobę/dobę kobiety (K) 1,1 mężczyźni (M) 1,3
B₂ ryboflawina	nabiał (jaja, ser), pszenica, grzyby, pietruszka, migdały	zmęczenie, migrena i zmiany osobowości	mg/osobę/dobę K 1,1 M 1,3
B₃ niacyna	banany, truskawki, groch, orzechy ziemne, wołowina (wątroba), wieprzowina, zboża, ryby (łosoś, pstrąg)	depresja, lęk, utrata pamięci i objawy psychotyczne	mg równoważnika niacyny/osobę/dobę K 14 M 16
B₆ grupa pirydoksyny	kalafior, szpinak, ziemniaki, orzechy, łosoś, wołowina, wieprzowina, drożdże	zaburzenia funkcji poznawczych, drażliwość, depresja, neuropatia obwodowa i drgawki	mg/osobę/dobę K 1,3–1,5 M 1,3–1,7
B₇ biotyna	owoce, groch, kalafior, orzechy włoskie i ziemne, wątroba wołowa, cielęcina, drożdże, nasiona (soja, słonecznik)	zapalenie skóry i mrowienie kończyn, depresja, letarg i drgawki	μg/osobę/dobę K 30 M 30
B₁₂ kobalamina	wątroba wołowa i wieprzowa, nabiał, ryby	neuropatia obwodowa i uszkodzenie rdzenia kręgowego, zmiany zachowania, zaburzenia afektywne, psychoza	μg/osobę/dobę K 2,4 M 2,4

głowodanów i aminokwasów. Wzmaga czynność neroprzebieżnika acetylocholinę, bierze udział w utrzymaniu struktury i funkcji błon komórkowych, w tym neuronów i komórek glejowych. Jako koenzym uczestniczy w mechanizmie syntezy szeregu neuroprzebieżników niezbędnych do funkcjonowania mózgu. Trifosforan tiaminy bierze udział w przewodzeniu impulsów nerwowych, aktywuje kanały chlorkowe [3].

Tiamina występuje w stosunkowo dużych ilościach w pożywieniu (tab. 1). Niestety, jest bardzo wrażliwa na działanie wysokiej tempera-

tury, szczególnie w środowisku o pH > 5; obróbka żywności może prowadzić do jej utraty nawet do 70%. Pomimo to niedobory u osób zdrowych nie są częste, jednak ze względu na krótki okres półtrwania i ograniczone zasoby organizmu, stałe spożycie jest konieczne do utrzymania odpowiedniego poziomu tiaminy w tkankach. Niedobory mogą występować u osób starszych, u chorych z niewydolnością serca – przyjmujących leki diuretyczne, u osób nadużywających alkoholu, niedożywionych, np. w wyniku chorób nowotworowych, po operacjach bariatrycznych [1]. Niedo-

bór witaminy B₁ objawia się początkowo ogólnym osłabieniem, drażliwością, zaburzeniami koncentracji i skurczami mięśni.

Trwający dłużej deficyt skutkuje pogorszeniem funkcji poznawczych, które mogą być związane z wystąpieniem objawów choroby beri-beri, która w postaci tzw. suchej objawia się właśnie zaburzeniami neurologicznymi (utrata czucia w kończynach, zawroty głowy, podwójne widzenie i utrata pamięci). Szczególnie groźne są niedobory związane z chorobą alkoholową. Niedobór witaminy B₁ został również powiązany z różnymi chorobami neurodegeneracyjnymi, w tym chorobą Alzheimera, chorobą Parkinsona i chorobą Huntingtona [5].

Suplementacja witaminą B₁ wpływa na poprawę funkcji poznawczych, takich jak utrzymanie uwagi, szybkość przetwarzania informacji i poprawę pamięci, co wykazało badanie prowadzone na ponad 2000 osób powyżej 60. r.ż. przez 4 lata [6]. Witamina B₁ zapobiega depresji i ma pozytywny wpływ na samopoczucie. Zauważono bezpośrednią korelację między niedoborem tiaminy a objawami depresji u niedożywionych pacjentów, a osoby z niższymi stężeniami tiaminy wykazywały cięższe objawy. Stan pacjentów z dużym zaburzeniem depresyjnym znacznie się poprawił po 6 tygodniach suplementacji tiaminą w porównaniu z placebo [7].

Grupa pirydoksyny – witamina B₆

Witamina B₆ występuje w sześciu różnych formach: pirydoksyna, pirydoksal, pirydoksamina oraz ich fosforany. Za aktywność biologiczną odpowiadają głównie fosforan pirydoksalu i fosforan pirydoksaminy, do tej pory powiązano je z ponad 140 funkcjami koenzymatycznymi w metabolizmie aminokwasów, glukozy i lipidów. W żywności pochodzenia roślinnego najczęściej spotykany jest glukozyd pirydoksyny, której przyswajalność wynosi ok. 50% w porównaniu do pirydoksyny [1]. Najbogatszym źródłem witaminy B₆ jest mięso drobiowe i wieprzowe (zwłaszcza wątroba),

rośliny strączkowe i otręby zbożowe. Obróbka termiczna wpływa niekorzystnie na jej zawartość (straty 30–50%). Jednak niedobór w diecie jest stosunkowo rzadko spotykany.

Osoby z poziomem witaminy B₆ na granicy niedoboru lub łagodnym niedoborem mogą nie wykazywać objawów przez długi okres. Natomiast w przypadkach cięższych niedoborów objawy kliniczne obejmują stany zapalne wokół ust i oczu, a także objawy neurologiczne, takie jak senność i neuropatia obwodowa wpływająca na nerwy czuciowe i ruchowe w dłoniach i stopach, zaburzenia funkcji poznawczych, drażliwość, depresja. Oprócz niedożywienia niedobór może być spowodowany przyjmowaniem leków, np. u osób starszych stosowanie leku przeciwcukrzycowego – metforminy związane jest z występowaniem niedoboru witamin B₆ i B₁₂, przy czym ryzyko niedoboru B₆ szacowane było na prawie 50% [8]. Efekt ten, jak wskazują autorzy, ma wpływ na pogorszenie zdolności poznawczych u pacjentów ocenianych na podstawie wielu testów neuropsychologicznych w porównaniu z uczestnikami zdrowymi. Dlatego korzystne w przypadku osób starszych z cukrzycą jest spożywanie żywności wzbogaconej w witaminę B₆ i B₁₂ lub odpowiednia suplementacja. Należy jednocześnie pamiętać, że spożywanie dawek większych niż 200 mg/dobę powyżej miesiąca prowadzi do groźnych powikłań neurologicznych, w tym zespołu uzależnienia [1].

Witamina B₁₂ – kobalamina

Jako jedyna z tej grupy nie jest wytwarzana przez rośliny, lecz przez bakterie kolonizujące jelito przednie przeżuwaczy lub jelito grube człowieka. Dlatego występuje tylko w produktach zwierzęcych, takich jak wątroba, ryby, jaja i produkty mleczne. Witamina B₁₂ produkowana przez bakterie w okrężnicy człowieka nie jest dostępna biologicznie, ponieważ adsorpcja zachodzi wyżej w błonie śluzowej jelita cienkiego. Kobalamina i jej pochodna metylokobalamina są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania obwodowego

układu nerwowego. Witamina B₁₂ odgrywa szczególnie rolę w regeneracji nerwów i przeżywalności komórek nerwowych, remielinizacji i utrzymaniu osłonek mielinowych, dzięki czemu osiąga się poprawę lub nawet całkowite przywrócenie poprawnych funkcji nerwowych [9].

Niedobór witaminy B₁₂ jest stosunkowo powszechny, zwłaszcza u osób starszych, wskutek zmniejszenia wchłaniania jelitowego. Tak jak w przypadku B₆ niedobór może wystąpić u chorych przyjmujących metforminę czy inhibitory pompy protonowej (IPP), a nawet przy pozornie wystarczającym spożyciu. Niski poziom witaminy B₁₂ może występować w starszym wieku w wyniku związanego z pożywieniem zaburzenia wchłaniania witaminy B₁₂, które spowodowane jest zanikowym zapaleniem błony śluzowej żołądka, schorzeniem, które według doniesień dotyka do 30% osób starszych [8]. Wegetarianom i weganom może brakować niektórych składników odżywczych, takich jak B₁₂, żelazo i kwasy tłuszczowe, które powszechnie występują w produktach zwierzęcych. Braki te można uzupełnić za pomocą odpowiednio dobranych suplementów uwzględniających osobiste warunki zdrowotne i leki, które mogą wpływać na wchłanianie składników odżywczych.

Synergistyczne działanie B₁, B₆ i B₁₂

Interakcja pirydoksyny i kobalaminy w cyklu metioniny, a także ich udział w cyklu kwasu cytrynowego z innymi witaminami z grupy B, w tym tiaminą, sugeruje, że te trzy witaminy są powiązane z biochemicznego punktu widzenia [10].

Witamina B₁ jest szczególnie potrzebna jako kofaktor w metabolizmie glukozy i tym samym pośrednio wspiera syntezę kwasów nukleinowych, neuroprzekazników, mieliny itp., a witamina B₆ działa jako koenzym w syntezie neuroprzekazników potrzebnych do transmisji synaptycznej i pełni rolę neuroprotekcijną. Z kolei witamina B₁₂ uczestniczy w syntezie mieliny, która umożliwia regenerację nerwów obwodowych [10].

Badania wykazały, że suplementacja kombinacją tych witamin działa synergicznie, zmniejszając objawy neuropatii, ból nocycyptywny i neuropatyczny, poprawiając kontrolę motoryczną [2,11]. Efekt synergistyczny tych związków w działaniu na obwodowy układ nerwowy został wykazany m.in. w badaniach Jolivalta i in. [12]., którzy wykazali, że żadna z witamin z grupy B (B₁, B₆ i B₁₂) nie była tak skuteczna w łagodzeniu bólu neuropatycznego i przywracaniu funkcji nerwowych u szczurów z eksperymentalnie wywołaną neuropatią cukrzycową jak połączenie tych trzech, w sposób zależny od dawki.

Z kolei wykazano, że suplementacja witaminami z grupy B (B₆, B₉ i B₁₂) obniża poziom homocysteiny, zmniejszając tym samym tempo zaniku komórek nerwowych w mózgu i poprawiając wyniki poznawcze [13].

Ponadto witaminy z grupy B uczestniczą w syntezie neuroprzekazników i utrzymaniu mieliny, osłonki ochronnej wokół włókien nerwowych, która jest kluczowa dla wydajnego przekazywania sygnałów mózgowych. Ten efekt działania witamin z grupy B, chroniący przed pogorszeniem funkcji poznawczych jest szczególnie korzystny dla osób starszych, u których występuje zwiększone ryzyko demencji, co sugeruje, że odpowiednie spożycie tych składników odżywczych, także w formie suplementacji, może odgrywać kluczową rolę w zachowaniu zdrowia poznawczego w populacji osób starszych [13,14].

Wpływ B₂, B₃ i B₇ na funkcjonowanie układu nerwowego

Witamina B₂ – ryboflawina

Ryboflawina to bardzo dobrze rozpuszczalny w wodzie krystaliczny proszek o barwie żółto-pomarańczowej, stosowany także jako barwnik spożywczy E101. Występuje naturalnie m.in. w jajach, produktach mlecznych, warzywach, mięsie i migdałach [1]. Jako koenzym jest kluczowa dla metabolizmu niacyny, kwasu foliowego

i witaminy B₆ oraz dla syntezy wszystkich białek hemowych, w tym hemoglobiny i białek biorących udział w transporcie i magazynowaniu tlenu. Uczestniczy także w metabolizmie niezbędnych kwasów tłuszczowych w lipidach mózgu, wchłanianiu i wykorzystaniu żelaza oraz regulacji hormonów tarczycy.

Niedobór ryboflawiny powoduje deregulację tych procesów i wiąże się z negatywnymi konsekwencjami dla funkcji mózgu, dając takie objawy jak zmęczenie, migrena i zmiany osobowości [3]. Niedobór witaminy B₂ może być spowodowany stosowaniem leków (jak np. spironolakton) i alkoholizm oraz występować u osób starszych.

Wyższe spożycie ryboflawiny (powyżej 1,24 mg/dobę) i nienasyconych kwasów tłuszczowych (powyżej 43 g/dobę) ma pozytywny wpływ u osób w średnim wieku i starszym na poprawę właściwości kognitywnych, takich jak orientację w czasie i w miejscu, pamięć werbalną, utrzymanie uwagi, funkcje wzrokowo-przestrzenne [1,15]. Pozytywny wpływ witaminy B₂ na funkcjonowanie mózgu potwierdziło wiele badań, ponadto wykazano, że wyższe spożycie ryboflawiny w dzieci w średnim wieku było związane ze zmniejszonym ryzykiem upośledzenia funkcji poznawczych w późniejszym życiu [16]. Dzięki właściwościom przeciwzapalnym, przeciwutleniającym i neuroprotektynym ryboflawina może znaleźć zastosowanie w terapii migreny [17].

Witamina B₃ – niacyna

Niacyna jest ogólną nazwą dla dwóch związków wykazujących aktywność biologiczną – kwasu nikotynowego oraz nikotynamidu. Niacyna może być wytworzona w organizmie ludzkim z tryptofanu, a wydajność tego procesu zależy od spożycia białka. Witamina B₃ jest odpowiedzialna m.in. za prawidłowe funkcjonowanie centralnego i obwodowego układu nerwowego, syntezę hormonów płciowych, kortyzolu, insuliny.

Objawami niedoboru są: pelagra (obecnie rzadka), depresja, lęk, utrata pamięci i objawy psychiatryczne. Niedobory spowodowane są m.in.

przez niskie spożycie tryptofanu czy dietę bogatą w kukurydzę [3]. W ostatnich latach wykazano związek pomiędzy spadkiem funkcji poznawczych a spożyciem niacyny u osób starszych. Dodatkowo wyższe spożycie niacyny w dzieci wpływało na zmniejszenie i spowolnienie pogarszania się funkcji poznawczych [18]. Aktualnie prowadzone są badania nad możliwościami terapii z zastosowaniem niacyny w przypadki schorzeń takich jak stwardnienie rozsiane, choroba Alzheimera czy choroba Parkinsona [19].

Witamina B₇ – biotyna

Występuje powszechnie w żywności pochodzenia zwierzęcego i roślinnego. W produktach spożywczych znajduje się w stanie wolnym lub jest związana z białkiem, przy czym absorpcji w przewodzie pokarmowym ulega tylko wolna biotyna. Część biotyny jest produkowana przez mikroflorę jelitową [1]. Biotyna i kwas pantotenyowy występują w mózgu w stężeniach kilkadziesiąt razy wyższych od obserwowanych w osoczu [3].

Biotyna odgrywa istotną rolę w regulacji genów, sygnalizacji komórkowej i replikacji. Katalizuje metabolizm kwasów tłuszczowych, glukozy i aminokwasów. Wyraźny niedobór biotyny jest rzadko zgłaszany, chociaż niższe poziomy biotyny we krwi zauważono u osób cierpiących na dysfunkcję regulacji glukozy, na przykład cukrzycę typu 2 [3]. Udział biotyny w metabolizmie glukozy powoduje, że jej niedobory mogą mieć bezpośredni wpływ na pracę mózgu. Do objawów należą m.in.: zapalenie skóry i mrowienie kończyn, depresja, apatia, stany lękowe, halucynacje, bóle mięśni i drgawki [4]. Wskazuje się także na związek pomiędzy spożyciem odpowiedniej ilości biotyny a poprawnym funkcjonowaniem krótkotrwałej pamięci [20].

Podsumowanie

Witaminy z grupy B odgrywają kluczową rolę w utrzymaniu funkcji poznawczych, działając jako niezbędne kofaktory w różnych procesach neuro-

logicznych, a wraz z wiekiem wzrasta ryzyko ich niedoborów, co może prowadzić do pogorszenia funkcji poznawczych. Szczególnie ważne są B₁, B₆ i B₁₂, ponieważ przyczyniają się do utrzymania prawidłowej funkcji mózgu. Witaminy B są niezbędne do optymalizacji funkcji nerwowych, takich jak pamięć, szybkość kojarzenia, umiejętność rozwiązywania problemów i koncentracja. Niedobory witamin B w pożywieniu mogą zatem skutkować zaburzeniami w funkcjonowaniu mózgu i ogólnie układu nerwowego, czego przykładem może być np. choroba beri-beri spowodowana niedoborem tiaminy czy neuropatia obwodowa związana z brakiem witaminy B₆. Znaczenie witamin B podkreśla fakt, że mogą one poprawiać niektóre stany neurologiczne, nawet jeśli nie można udowodnić ich niedoboru. Mogą łagodzić takie objawy jak: kłopoty z pamięcią, zmęczenie psychiczne, depresja, trudności z koncentracją, nauką i skupieniem. Dlatego żywność wzbogacona w witaminy B lub ich odpowiednia suplementacja mogą być korzystne dla utrzymania lepszego zdrowia poznawczego u osób starszych, osłabionych, z cukrzycą lub z ryzykiem cukrzycy.

Nadesłano: 10-10-2024

Adres do korespondencji: redakcja@lekwpolsce.pl

Piśmiennictwo:

1. Jarosz M, Rychlik E, Stoś K, *et al.* Normy żywienia dla populacji Polski i ich zastosowanie. Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego-Państwowy Zakład Higieny. Warsaw, Poland; 2020.
2. Hanna M, *et al.* B Vitamins: Functions and Uses in Medicine. *Perm J.* 2022;26(2):89-97.
3. Kennedy DO. B Vitamins and the Brain: Mechanisms, Dose and Efficacy-A Review. *Nutrients.* 2016;8(2):68.
4. Gryszczyńska A. Witaminy z grupy B – naturalne źródła, rola w organizmie, skutki awitaminozy. *Postępy Fitoterapii.* 2009;4:229-38.
5. Gibson GE, *et al.* Vitamin B1 (thiamine) and dementia. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 2016;1367(1):21-30.
6. Jia W, Wang H, Li C, *et al.* Association between dietary vitamin B1 intake and cognitive function among older adults: a cross-sectional study. *J Transl Med.* 2024;22(1):165.
7. Mrowicka M, *et al.* The importance of thiamine (vitamin B1) in humans. *Biosci Rep.* 2023;43(10).
8. Porter KM, *et al.* Hyperglycemia and Metformin Use Are Associated With B Vitamin Deficiency and Cognitive Dysfunction in Older Adults. *J Clin Endocrinol Metab.* 2019;104(10):4837-47.
9. Baltrusch S. The Role of Neurotropic B Vitamins in Nerve Regeneration. *BioMed Research International.* 2021;(1):9968228.
10. Calderón-Ospina CA, *et al.* B Vitamins in the nervous system: Current knowledge of the biochemical modes of action and synergies of thiamine, pyridoxine, and cobalamin. *CNS Neurosci Ther.* 2020;26(1):5-13.

11. Hakim M, *et al.* Management of peripheral neuropathy symptoms with a fixed dose combination of high-dose vitamin B1, B6 and B12. *Asian J. Med. Sci.* 2018;9(1):32-40.
12. Jolivald CG, Mizisin LM, Nelson A, *et al.* B vitamins alleviate indices of neuropathic pain in diabetic rats. *Eur J Pharmacol.* 2009;612(1-3):41-7.
13. Wang Z, *et al.* B vitamins and prevention of cognitive decline and incident dementia: a systematic review and meta-analysis. *Nutr Rev.* 2022;80(4):931-49.
14. Fekete M, *et al.* Improving Cognitive Function with Nutritional Supplements in Aging: A Comprehensive Narrative Review of Clinical Studies Investigating the Effects of Vitamins, Minerals, Antioxidants, and Other Dietary Supplements. *Nutrients.* 2023;15(24).
15. Tao L, *et al.* Dietary Intake of Riboflavin and Unsaturated Fatty Acid Can Improve the Multi-Domain Cognitive Function in Middle-Aged and Elderly Populations: A 2-Year Prospective Cohort Study. *Front Aging Neurosci.* 2019;11:226.
16. Ji K, Sun M, Li L, *et al.* Association between vitamin B2 intake and cognitive performance among older adults: a cross-sectional study from NHANES. *Sci Rep.* 2024;14(1):21930.
17. Yamanaka G, *et al.* Experimental and Clinical Evidence of the Effectiveness of Riboflavin on Migraines. *Nutrients.* 2021;13(8).
18. Shen X, *et al.* Association between dietary niacin intake and cognitive function in the elderly: Evidence from NHANES 2011-2014. *Food Sci Nutr.* 2023;11(8):4651-64.
19. Wuerch E, *et al.* The Promise of Niacin in Neurology. *Neurotherapeutics.* 2023;20(4):1037-54.
20. Munzuroğlu M, *et al.* Effects of biotin deficiency on short term memory: The role of glutamate, glutamic acid, dopamine and protein kinase A. *Brain Res.* 1792.2022.148031.