

ROLA WIELONIENASYCONYCH KWASÓW TŁUSZCZOWYCH W WYBRANYCH OBSZARACH PSYCHOLOGICZNEGO FUNKCJONOWANIA CZŁOWIEKA

THE ROLE OF POLYUNSATURATED FATTY ACIDS IN SELECTED AREAS OF THE HUMAN PSYCHOLOGICAL FUNCTIONING

Łukasz Bojkowski¹, Ewa Mojs²

¹ Doktorant Zakładu Psychologii Akademii Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu
Student psychologii, Uniwersytet SWPS WZ w Poznaniu

² Zakład Psychologii Klinicznej, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

STRESZCZENIE

Długołańcuchowe wielonienasycone kwasy tłuszczowe (WNKT) różnicujemy na kwasy omega-3 (n-3: ALA, EPA i DHA) oraz omega-6 (n-6: LA i AA). Obecne badania dowodzą, że w diecie współczesnego człowieka dominuje spożycie jednej z tych grup w stosunku 15–20 do 1, na korzyść kwasów z grupy omega-6. Nadmierne spożywanie kwasów z rodziny n-6 może być jednak szkodliwe dla organizmu w odróżnieniu od suplementacji kwasami z grupy n-3. Spożywanie wielonienasyconych kwasów tłuszczowych z grupy omega-3 ma istotne znaczenie dla zdrowia człowieka. Na poziomie biologicznym ma wpływ na przebieg określonych procesów mózgowych czy ochronę i tworzenie nowych komórek nerwowych (neuronów). Z kolei na poziomie poznawczym suplementacja wielonienasyconymi kwasami tłuszczowymi z grupy n-3 może mieć związek m.in. z jakością zdolności zapamiętywania, uczenia się, wydajnością intelektualną, przeciwdziałaniem chorobie Alzheimera, zaburzeniom depresyjnym, demencyjnym i innym.

Słowa kluczowe: wielonienasycone kwasy tłuszczowe, omega-3, funkcjonowanie poznawcze, suplementacja.

ABSTRACT

Long-chain polyunsaturated fatty acids (LC-PUFA) are divided into omega-3 fatty acids (n-3: ALA, EPA and DHA) and omega-6 fatty acids (n-6: LA and AA). Current research shows that, in the modern man diet, one of these groups dominates in relation 15–20 to 1 in favor of the fatty acids from the omega-6 group. Excessive consumption of the n-6 acid group may be harmful to the human organism, unlike supplementation with n-3 fatty acids group. Consumption of polyunsaturated fatty acids omega-3 is essential for human health. On the biological level, it has an impact on the course of certain brain processes, protection and creation of new nerve cells (neurons). On the cognitive level, supplementation with polyunsaturated fatty acids from n-3 group may be related to the quality of memorizing, learning, intellectual capacity, prevention of Alzheimer's disease, depressive disorder, dementia disorder and others.

Keywords: polyunsaturated fatty acids, omega-3, cognitive functioning, supplementation.

Wstęp

Kwasy tłuszczowe stanowią grupę cząsteczek różniących się od siebie długością łańcucha węglowodorowego (zależną od ilości atomów węgla) oraz obecnością i umiejscowieniem wiązań podwójnych. Wyróżniamy zatem kwasy tłuszczowe nasycone (niemające wymienionych wiązań) oraz kwasy tłuszczowe nienasycone, zawierające jedno lub więcej wiązań podwójnych i nazywane kwasami tłuszczowymi jedno- (mającymi jedno wiązanie podwójne) lub wielonienasyconymi (mającymi więcej niż jedno wiązanie podwójne).

Wielonienasycone kwasy tłuszczowe (WNKT) będące z reguły bezbarwnymi cieczami, których organizm ludzki nie jest w stanie samodzielnie produkować [1, 2], stanowią 20% suchej masy mózgu oraz ponad 30% wszystkich kwasów tłuszczowych w układzie nerwowym [3, 4]. Występujące w nich wiązania podwójne są oddzielone od

siebie pojedynczymi grupami metylowymi. Wyznaczenie konkretnej rodziny kwasów tłuszczowych – omega-3 (in. ω -3; n-3) lub omega-6 (in. ω -3; n-6) – zależy od położenia pierwszego wiązania podwójnego (omega), począwszy od grupy metylowej. Jego pozycja różnicuje zatem rodzinę kwasów tłuszczowych omega-3 (do której zaliczamy kwas α -linolenowy – ALA, kwas eikozapentaenowy – EPA, oraz kwas dokozaheksaenowy – DHA) od rodziny kwasów omega-6 (do której przypisujemy kwas linolowy – LA, a także kwas arachidonowy – AA).

W artykule przedstawione zostaną zarówno aktualne doniesienia naukowe, jak i wyniki najważniejszych badań dotyczących m.in. roli wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (WNKT) omega-3 i omega-6 w diecie człowieka i ich związku z jego funkcjonowaniem poznawczym czy przeciwdziałaniem chorobie Alzheimera (charakteryzującej się zaburzeniami w ww. funkcjonowaniu), depresji oraz

demencji. Właściwie zbilansowana dieta polega bowiem na spożywaniu takiej ilości składników pokarmowych, która pozwala utrzymać odpowiednią masę ciała przy normalnie funkcjonującym organizmie, stosownie do płci, wieku czy aktywności fizycznej [5], co jest jednym z głównych determinantów warunkujących stan i jakość ludzkiego zdrowia. Poparta wiedzą naukową jest zatem teza, że sposób odżywiania, w tym specyfika suplementacji, ma istotny związek z naszym stanem fizycznym, ale także z funkcjonowaniem naszego mózgu [6, 7].

Biologiczne konsekwencje spożywania wielonienasyconych kwasów tłuszczowych

Nadmiar kwasów tłuszczowych omega-6 w diecie jest dla organizmu oraz dla zdrowia człowieka szkodliwy. Jest to szczególnie istotne w świetle naukowych doniesień, które wskazują, iż współcześnie dochodzi do całkowitego zakłócenia równowagi pomiędzy spożywaniem obydwu rodzajów wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (n-6 i n-3). Jak określają badacze, stosunek ten wynosi obecnie aż 20–15 do 1, co może mieć negatywne konsekwencje w kontekście prawidłowego rozwoju i funkcjonowania ludzkiego mózgu, przyczyniać się do powstawania stanów zapalnych [3, 8], a ponadto doprowadzać do rozwoju chorób degeneracyjnych. Zachwianie niniejszych proporcji uznawane jest bowiem za jedną z ich głównych przyczyn [9, 10]. Co więcej – wykazano, że pomiędzy obiema rodzinami kwasów (n-3 i n-6) występuje „konkurencja” o te same enzymy. Dlatego dostarczanie pożywienia zawierającego głównie kwasy tłuszczowe n-6 prowadzi do zahamowania przemiany kwasów tłuszczowych z rodziny omega-3 [10]. Określone zmiany w proporcji WNKT (n-3 i n-6) podawanych w codziennej diecie kojarzone są często ze spadkiem jakości obserwowanych funkcji poznawczych a wzrostem zachowań depresyjnych i agresywnych [6]. Wskazano również na zależności między stosunkiem WNKT omega-6 i omega-3 we krwi a IQ u osób 64-letnich [7]. Uznać można zatem, że efektywność poszczególnych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w organizmie człowieka zależna jest nie tyle od ich obecności czy ilości, ile od proporcji pomiędzy nimi [11].

Badania kliniczne wskazują na istotność kwasów tłuszczowych omega-3 (szczególnie kwasu dokozaheksaenowego) w procesie syntezy neuroprzekaźników, ich degradacji czy w procesach wychwytu zwrotnego [12–14]. Każdy akson komórki nerwowej otoczony jest bowiem osłonką mielinową, zwaną także rdzenną (zbudowaną głównie z tłuszczu), od „jakości” której zależna jest szybkość transmisji impulsów nerwowych oraz przewodnictwo neuronalne [7]. Jak przedstawili w swojej pracy Pawełczyk i wsp. [15], wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3

pełnią trzy istotne funkcje w ludzkim organizmie: biorą udział w transdukcji sygnału między komórkami nerwowymi, pełnią funkcję strukturalną w ich budowie oraz są źródłem eikozanoidów. W dużej mierze zbieżne z tymi doniesieniami są tezy przedstawione w pracach innych badaczy, którzy opisywali wpływ wielonienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-3, a dokładnie kwasów dokozaheksaenowego (DHA) i eikozapentaenowego (EPA), na przebieg określonych procesów mózgowych [16, 17]. Stwierdzono, że kwasy DHA i EPA mają wpływ na niezbędną dla prawidłowego funkcjonowania centralnego układu nerwowego (CUN) czynność enzymów błony, syntezę eikozanoidów oraz płynność błon komórkowych.

Samieri i wsp. [18] wykazali natomiast, że kwas dokozaheksaenowy (DHA) ochrania dendryty przed patologicznymi zmianami, co ma znaczący wpływ na proces „wzmocnienia” działania neuronów. Ponadto udowodniono, że kwas DHA stymuluje wzrost komórek nerwowych, tworząc je wielobiegowymi, bardziej rozgałęzionymi, charakteryzującymi się dłuższymi wypustkami [19]. Scheltens i wsp. [20] stwierdzili, że odpowiednia kombinacja składników odżywczych, w tym kwasów n-3, odpowiada za zwiększenie wypustek drzewiastych, będących wykładnikiem powstawania nowych synaps, mających istotne znaczenie w kontekście funkcjonowania poznawczego. W przedklinicznych badaniach na zwierzętach ustalono z kolei, że m.in. kwasy tłuszczowe z rodziny omega-3, które są związkami ułatwiającymi syntezę fosfolipidów w błonach komórek, działają synergistycznie. Oznacza to, że zwiększają stężenie fosfolipidów (czyli specyficznych białek synaptycznych) w błonach komórkowych synaps oraz w mózgu, w związku z czym mają istotny wpływ na tworzenie się nowych synaps [21, 22]. Wyniki te nabierają szerszego znaczenia w kontekście zaburzeń funkcji poznawczych mających ścisły związek ze zwyrodnieniem synaps w korze mózgowej i w rejonie hipokampa [23, 24].

Suplementacja kwasów omega-3 a funkcjonowanie psychologiczne – przegląd współczesnych badań

Jak wspomniano wyżej, obniżenie zawartości kwasu dokozaheksaenowego (DHA) w mózgu ma istotny związek ze zmniejszaniem się wielkości neuronów czy opóźnieniem migracji komórkowej w rozwijającym się mózgu. Ponadto niniejszy spadek powiązany jest z obniżeniem zdolności jednostki w zakresie m.in. takich funkcji, jak zapamiętywanie, uczenie się, odbiór bodźców węchowych i słuchowych [6, 7], zwiększeniem ryzyka upośledzenia funkcji poznawczych [25], obniżaniem jakości funkcjonowania kognitywnego [26] czy pamięci [27]. Wyniki badań potwierdzają, że

spożywanie kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 przez kobietę w ciąży oraz w okresie laktacji oddziałuje pozytywnie na rozwój psychiczny dziecka [11]. Podobnie korzystne efekty na rozwój umysłowy dzieci ma przyjmowanie przez nie wysokich dawek kwasów EPA i DHA (odpowiednio 1183 i 803 mg) [28].

Fontani i wsp. [27] przeprowadzili analizę profili stanów nastroju. Do badań wykorzystano kwestionariusz POMS oraz określone testy uwagi. Grupa eksperymentalna – zdrowe, pełnosprawne psychicznie i fizycznie osoby w wieku od 22 do 51 lat (średnia wieku = 33 lata), poddawane przez 35 dni suplementacji 4 g kwasów omega-3 (dokładnie DHA i EPA) – wykazała się niższymi i istotnymi statystycznie wynikami w zakresie m.in. takich stanów i emocji, jak gniew, lęk, depresja, zakłopotanie czy zmęczenie w porównaniu z grupą kontrolną (przyjmującą przez ten sam czas placebo). Oznacza to, że chroniczne przyjmowanie określonej dawki wielonienasyconych kwasów tłuszczowych wiąże się choćby z istotnie mniejszymi wahaniami nastroju, labilnością emocji, większą zdolnością ich regulacji, co ma duże znaczenie choćby w przypadku długotrwałych stanów depresyjnych. Wtórują temu ustalenia i wyniki badań licznych autorów [3, 11, 29, 30].

Inni wykazali na istnienie negatywnych związków między poziomem kwasów omega-3 w błonach erytrocytów a stopniem zaawansowania depresji [31, 32]. Z kolei Hibbeln [33] ustalił w swej przekrojowej analizie, opracowanej na podstawie badania 35 tysięcy mieszkańców trzynastu różnych krajów, silny i ujemny związek korelacyjny pomiędzy częstością występowania depresji a spożyciem ryb morskich zawierających wysoką zawartość kwasów omega-3 ($r = -0,84$). Wyniki zbieżne z niniejszymi dotyczącymi związków między występowaniem czy zaawansowaniem stanów depresyjnych a spożywaniem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny omega-3 czy jego stężeniem w organizmie uzyskiwali także tacy badacze, jak Weissman i wsp. [34], Timonen [35] czy Freeman i wsp. [36].

Współcześnie naukowcy wiele uwagi poświęcają także badaniom dotyczącym związków między spożywaniem kwasów n-3 (zwłaszcza kwasu DHA) przez osoby w wieku 65 lat i starsze [1, 2] a występującymi wśród wielu z nich demencją i obniżeniem poziomu zdolności poznawczych i intelektualnych; tematem badań jest także prewencja choroby Alzheimer'a [20, 37]. Barberger-Gateau i wsp. [38] na podstawie przeprowadzonej we Francji ponad 7-letniej obserwacji 1416 osób w wieku minimum 68 lat uzyskali wyniki świadczące o tym, że regularne spożycie przynajmniej raz w tygodniu owoców morza czy ryb morskich jest istotnie związane z częstością występowania obniżenia sprawności umysłowej [39]. Zbieżne wyniki uzyskali także

w swoich badaniach Heude i wsp. [29]. Schaefer i wsp. [40] stwierdzili z kolei, że u osób ze zwiększonym stężeniem kwasu dokozaheksaenowy w surowicy obserwowano o 47% mniejsze ryzyko rozwoju starszej demencji, co jest zgodne z danymi zawartymi w publikacji Lopez i wsp. [41].

Dullemeijer i wsp. [42] wskazali na bazie badań holenderskich, że stężenie wielonienasyconych kwasów tłuszczowych omega-3 w osoczu umożliwia przewidywać siłę i tempo regresji poziomu wydajności poznawczej u osób po 50. roku życia. Regularne spożywanie ryb morskich i tzw. owoców morza zawierających znaczne ilości kwasów omega-3 może wpływać zatem m.in. na procesy przetwarzania informacji u osób w wieku dojrzałym i starości. Nurk i wsp. [43] po przebadaniu grupy 2031 zdrowych osób w wieku 70 lat i więcej opisywali, że kobiety i mężczyźni, którzy jedzą ryby rzadko, uzyskali istotnie statystycznie gorsze wyniki w przeprowadzonych testach zdolności poznawczych w porównaniu z osobami spożywającymi ryby regularnie. Ponadto, jak wykazały badania [44] przeprowadzone na grupie 350 sprawnych umysłowo osób starszych, urodzonych w latach 30. XX wieku, przyjmowanie suplementów diety zawierających kwasy omega-3 wiązało się z poziomem wydajności intelektualnej badanych, przy czym związek ten nie był, co ważne, zależny od sprawności umysłowej osób badanych w dzieciństwie. Zaobserwowano zatem wymierne korzyści w obszarze funkcjonowania intelektualnego będące konsekwencją regularnego spożywania oleju rybiego (tutaj w postaci suplementu diety).

O roli suplementacji kwasami omega-3 m.in. w przeciwdziałaniu chorobie Alzheimer'a pisali tacy badacze jak Sofi i wsp. [45], którzy stwierdzili, że diety zbliżone składem do diet śródziemnomorskich (bogatych w WNK n-3) wydają się obniżyć ogólne ryzyko rozwoju tej choroby, doprowadzać do wolniejszego spadku zdolności poznawczych będących jej wynikiem czy zmniejszać ryzyko progresji tych zaburzeń. O pozytywnym znaczeniu spożycia ryb zawierających duże pokłady kwasów omega-3 w zapobieganiu czy łagodzeniu skutków choroby pisali w swoich opracowaniach także Berr i wsp. [46] czy Knopman [39]. Jak wykazali inni, chroniczne przyjmowanie dawek wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 może być także związane z redukcją ryzyka zachorowania na chorobę Alzheimer'a poprzez mechanizmy naczyniowe [47]. Oznacza to, że odpowiedni poziom spożycia kwasów z rodziny n-3 (zwłaszcza kwasu dokozaheksaenowego) jest istotny także w wieku podeszłym [1, 2].

Poniżej przeprowadzone zostanie w sposób możliwy zwięzły i przystępny podsumowanie zawartych w niniejszej pracy treści. Zreasumowane zostaną najważniejsze doniesienia naukowe, wyniki badań i opinie badaczy.

Podsumowanie

Kwasy tłuszczowe dzielimy na kwasy tłuszczowe nasycone (niemające podwójnych wiązań) oraz kwasy tłuszczowe nienasycone (zawierające jedno lub więcej wiązań podwójnych, tj. omega). Nazywamy je kwasami tłuszczowymi jedno- lub wielonienasyconymi. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe (WNKT) różnicujemy z kolei na te wchodzące w skład rodziny kwasów omega-3 (ω -3; n-3) oraz tych włączanych do grupy kwasów omega-6 (ω -6; n-6). Do pierwszych zaliczamy kwas α -linolenowy (ALA), eikozapentaenowy (EPA) i dokozaheksaenowy (DHA), natomiast do drugich – kwas linolowy (LA) i arachidonowy (AA). Obydwie grupy należy od siebie odróżniać, gdyż nadmiar tych z rodziny n-6 jest dla organizmu człowieka szkodliwy. Co gorsza, nawyki żywieniowe współczesnych ludzi (np. zamieszkujących naszą strefę klimatyczną) zdają się zdecydowanie „preferować” pokarmy zawierające przewagę właśnie kwasów omega-6. W związku z tym dochodzi do drastycznego zaburzenia równowagi pomiędzy nimi. Ponadto dostarczanie pokarmów zawierających głównie kwasy n-6 prowadzi do zahamowania przemiany tych z rodziny omega-3 [10]. Współcześnie badacze określają „proporcje” pomiędzy obydwoimi grupami wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w diecie człowieka na 20–15 do 1, na korzyść tych z rodziny n-6, czego przyczyną jest ich zwiększone spożycie (jak i kwasów nasyconych) [3, 8]. Powinno się zatem tak planować codzienną dietę, by możliwie maksymalnie ograniczać posiłki zawierające w swoim składzie kwasy omega-6 (znajdujące się m.in. w nasionach roślin, oleju kukurydzianym, bawełnianym, sezamowym, arachidowym, sojowym czy w oliwie z oliwek [48]), a preferować te bogate w wielonienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny omega-3 (m.in. EPA i DHA – śledź, pstrąg, makrela, dorsz, tuńczyk, łosoś, sardynka, owoce morza; ALA – olej rzepakowy i lniany, orzechy włoskie [48]).

Na poziomie biologicznym kwasy z grupy n-3, a w szczególności kwasy dokozaheksaenowy (DHA) i eikozapentaenowy (EPA), odgrywają dużą rolę w procesie degradacji i syntezy neuroprzekazników oraz w czasie wychwytu zwrotnego [12–14]. Ponadto mają wpływ na przebieg określonych procesów mózgowych, takich jak synteza eikozanoidów, czynność enzymów błony czy płynność błon komórkowych [16, 17], ochraniają dendryty przed patologicznymi zmianami [18], zwiększają ich wypustki drzewiaste oraz stężenie fosfolipidów w błonach komórkowych synaps i w mózgu [20–22].

Badania empiryczne dowodzą, że przyjmowanie przez kobiety kwasu dokozaheksaenowego (DHA) w czasie ciąży oddziałuje w sposób dodatni na rozwój psychiczny

dziecka w okresie prenatalnym [11]. Spadek poziomu kwasów z rodziny omega-3 w mózgu dziecka, osoby dorosłej i starszej przyczynia się natomiast do obniżenia zdolności jednostki w zakresie pamięci, uczenia się, odbioru bodźców węchowych i słuchowych [6, 7, 27], funkcjonowania kognitywnego [26], wpływa na wahania nastroju, emocji czy mniejszą zdolność ich regulacji [27]. Ponadto zwiększa ryzyko wystąpienia bądź pogłębienia stanów depresyjnych [3, 11, 29, 30, 33–35]. Regularne spożycie kwasów tłuszczowych omega-3, takich jak kwas α -linolenowy (ALA), eikozapentaenowy (EPA) i dokozaheksaenowy (DHA), wpływa także na jakość funkcjonowania w innych obszarach poznawczych, iloraz inteligencji oraz przeciwdziała problemom związanym z demencją u osób starszych czy chorobie Alzheimera [29, 38–41, 44, 43].

Oświadczenia

Oświadczenie dotyczące konfliktu interesów

Autorzy deklarują brak konfliktu interesów.

Źródła finansowania

Autorzy deklarują brak źródeł finansowania.

Piśmiennictwo

1. Achremowicz K, Szary-Sworst K. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe czynnikiem poprawy stanu zdrowia człowieka. *Żywn Nauka Technol Jakość*. 2005;3(44):23–35.
2. Kolanowski W. Długołańcuchowe wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3 – znaczenie zdrowotne w obniżaniu ryzyka chorób cywilizacyjnych. *Bromat Chem Toksykol*. 2007;40(3):229–237.
3. Yehuda S, Rabinovitz S, Mostofsky, DI. Essential fatty acids are mediators of brain biochemistry and cognitive functions. *J Neurosci. Res*. 1999;56, 565–570.
4. Yehuda S, Rabinovitz S, Carasso, RL et al. The role of polyunsaturated fatty acids in restoring the aging of neuronal membrane. *Neurobiol Ageing*. 2002;23:843–853.
5. Gronowska-Senger A. Żywnienie, styl życia a zdrowie Polaków. *Żyw Człow Metab*. 2007;34(1–2):12–21.
6. Crawford, MA, Bazinet, RP, Sinclair, AJ. Fat intake and CNS functioning: ageing and disease. *Ann Nutr Metab*. 2009;55:202–228.
7. Wilczyńska A. Kwasy tłuszczowe w diecie człowieka a jego funkcjonowanie poznawcze i emocjonalne. *Neuropsychiatr Neuropsychol*. 2012;7(1):35–42.
8. Yehuda S. Omega-6/Omega-3 ratio and brain related functions. *World Rev Nutr Diet*. 2003;92:37–56.
9. Simopoulos AP. Evolutionary aspects of diet and essential fatty acids. *World Rev Nutr Diet*. 2001;88:18–27.
10. De Meester F. Progress in Lipid Nutrition: The Columbus Concept Addressing Chronic Diseases. W: Simopoulos AP, De Meester F. (red.). *A Balanced Omega-6/Omega-3 Fatty Acid Ratio, Cholesterol and 13. Coronary Heart Disease*. Basel: Karger; 2009. s. 100, 110–121.
11. McCann JC, Ames BN. Is docosahexaenoic acid, an n-3 long-chain polyunsaturated fatty acid, required for development of normal brain function? An overview of evidence from cognitive and behavioral tests in humans and animals. *Am J Clin Nutr*. 2005;82:281–295.

12. Delion S, Chalon S, Héroult J et al. Chronic dietary alpha-linolenic acid deficiency alters dopaminergic and serotonergic neurotransmission in rats. *J Nutr.* 1994;124:2466–2476.
13. Delion S, Chalon S, Guilloteau D et al. Alpha-Linolenic acid dietary deficiency alters age-related changes of dopaminergic and serotonergic neurotransmission in the rat frontal cortex. *J Neurochem.* 1996;66:1582–1591.
14. Joseph JA, Shukitt-Hale B, Lau FC. Fruit polyphenols and their effects on neuronal signaling and behavior in senescence. *Ann N Y Acad Sci.* 2007;1100:470–485.
15. Pawełczyk A, Pawełczyk T, Rabe-Jabłońska J. Egzogenne wielonienasycone kwasy tłuszczowe mogą poprawiać sprawność wybranych funkcji poznawczych. *Psychiatr. Psychol Klin.* 2008;8:178–191.
16. Innis SM. Dietary (n-3) fatty acids and brain development. *J Nutr.* 2007;137:855–859.
17. Krawczyk K, Rybakowski J. Zastosowanie kwasów tłuszczowych omega-3 w leczeniu depresji. *Farmakoter. Psychiatr Neurol.* 2007;2(1):101–107.
18. Samieri C, Féart C, Letenneur L et al. Low plasma eicosapentaenoic acid and depressive symptomatology are independent predictors of dementia risk. *Am J Clin Nutr.* 2008;88:714–721.
19. Nowak ZJ. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3 w siatkówce i praktyce medycznej – blaski i cienie. *Magazyn Lekarza Okulisty.* 2009;3(4):208–220.
20. Scheltens P, Kamphuis PJ, Verhey FRJ et al. Efficacy of a medical food in mild Alzheimer's disease: a randomized, controlled trial. *Alzheimers Dement.* 2010;6:1–10.
21. Wurtman RJ, Ulus IH, Cansev M et al. Synaptic proteins and phospholipids are increased in gerbil brain by administering uridine plus docosahexaenoic acid orally. *Brain Res.* 2006;1088:83–92.
22. Cansev M, Wurtman RJ. Chronic administration of docosahexaenoic or eicosapentaenoic acid, but not arachidonic acid, alone or in combination with uridine, increases brain phosphatide and synaptic protein levels in gerbils. *Neuroscience.* 2007;148:421–431.
23. Selkoe DJ. Alzheimer's disease is a synaptic failure. *Science.* 2002;298:789–791.
24. Terry RD. Alzheimer's disease and the aging brain. *J. Geriatr. Psychiatry Neurol.* 2006;19:125–128.
25. King BM, Smith RL, Frohman LA. Hyperinsulinemia in rats with ventromedial hypothalamic lesions: role of hyperphagia. *Behav Neurosci.* 1984;98:152–155.
26. Willatts P. Long chain polyunsaturated fatty acids improve cognitive development. *J Fam Health Care.* 2002;12:5–7.
27. Fontani G, Corradeshi F, Felici A et al. Cognitive and physiological effects of omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation in healthy subjects. *Eur J Clin Invest.* 2005;35:691–699.
28. Helland IB, Smith L, Saarem K et al. Maternal Supplementation With Very-Long-Chain n-3 Fatty Acids During Pregnancy and Lactation Augments Children's IQ at 4 Years of Age. *Pediatrics.* 2003;111:39–44.
29. Heude B, Ducimetière P, Berr C. EVA Study. Cognitive decline and fatty acid composition of erythrocyte membranes – The EVA Study. *Am J Clin Nutr.* 2003;77:803–808.
30. Appleton KM, Hayward RC, Gunnell D et al. Effects of n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids on depressed mood: systematic review of published trials. *Am J Clin Nutr.* 2006;84:1308–1316.
31. Maes M, Smith R, Christophe A et al. Fatty acid composition in major depression: decreased omega-3 fractions in cholesteryl esters and increased C20:4 omega-6/C20:5 omega-3 ratio in cholesteryl esters and phospholipids. *J Affect Disord.* 1996;38:35–46.
32. Maes M, Christophe A, Delanghe J et al. Lowered omega-3 polyunsaturated fatty acids in serum phospholipids and cholesteryl esters of depressed patients. *Psychiatry Res.* 1999;85:275–291.
33. Hibbeln JR. Fish consumption and major depression. *Lancet.* 1998;351:1213.
34. Weissman MM, Bland RC, Canino GJ et al. Cross-national epidemiology of major depression and bipolar disorder. *JAMA.* 1996;276:293–299.
35. Timonen M, Horrobin DF, Jokelainen J et al. Fish consumption and depression: the Northern Finland. 1966 birth cohort study. *J Affect Disord.* 2004;82:447–452.
36. Freeman MP, Hibbeln JR, Wisner, KL et al. An open trial of Omega-3 fatty acids for depression in pregnancy. *Acta Neuropsychiatr.* 2006;18:21–24.
37. Jaworski M, Trojańczyk M. Rozwój choroby Alzheimerera – rola czynników związanych z dietą. *Post Żyw Klin.* 2012;8:17–23.
38. Barberger-Gateau P, Letenneur L, Deschamps V et al. Fish, meat, and risk of dementia: cohort study. *BMJ.* 2002;325:932–933.
39. Knopman, DS. Mediterranean diet and late-life cognitive impairment: a taste of benefit. *JAMA.* 2009;302:686–687.
40. Schaefer EJ, Bongard V, Beiser, AS et al. Plasma phosphatidylcholine docosahexaenoic acid content and risk of dementia and Alzheimer disease: the Framingham Heart Study. *Arch Neurol.* 2006;63(11):1545–1550.
41. Lopez L, Kritiz-Silverstein D, Barrett Connor E. High dietary and plasma levels of the omega-3 fatty acid docosa-hexaenoic acid are associated with decreased dementia risk: the Rancho Bernardo study. *J Nutr Health Aging.* 2011;15:25–31.
42. Dullemeijer C, Durga J, Brouwer, IA et al. N-3 fatty acid proportions in plasma and cognitive performance in older adults. *Am J Clin Nutr.* 2007;86:1479–1485.
43. Nurk E, Drevon CA, Refsum H. et al. Cognitive performance among the elderly and dietary fish intake: the Hordaland Health Study. *Am J Clin Nutr.* 2007;86:1470–1478.
44. Whalley LJ, Fox HC, Wahle, KW et al. Cognitive aging, childhood intelligence, and the use of food supplements: possible involvement of n-3 fatty acids. *Am J Clin Nutr.* 2004;80:1650–1657.
45. Sofi F, Macchi C, Abbate R et al. Effectiveness of the Mediterranean diet: can it help delay or prevent Alzheimer's disease? *J Alzheimers Dis.* 2010;20:795–801.
46. Berr C, Portet F, Carriere I et al. Olive oil and cognition: results from the three-city study. *Dement Geriatr Cogn Disord.* 2009;28:357–364.
47. Bucher, HC. Polyunsaturated fatty acids in coronary heart disease: meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Med.* 2002;112:298–304.
48. Jańczyk W, Socha P. Kliniczne efekty suplementacji wielonienasyconymi kwasami tłuszczowymi ω-3. *Standardy medyczne/Pediatrics.* 2009;6:100–111.

Zaakceptowano do edycji: 2016-04-12
Zaakceptowano do publikacji: 2016-04-28

Adres do korespondencji:

Łukasz Bojkowski
ul. Piotra Skargi 30c/11, 62-060 Stęszew
tel.: 691 637 699
e-mail: lukasz.bojkowski@wp.pl