

Ewa Materac, Zbigniew Marczyński, Kazimiera Henryka Bodek

ROLA KWASÓW TŁUSZCZOWYCH OMEGA-3 I OMEGA-6 W ORGANIZMIE CZŁOWIEKA

Zakład Farmacji Aptecznej Katedry Farmacji Stosowanej

Uniwersytetu Medycznego w Łodzi

Kierownik: prof. dr hab. n. farm. *K. H. Bodek*

Hasła kluczowe: wielonienasycone kwasy tłuszczowe, kwas α -linolenowy (ALA), kwas linolowy (LA).

Key words: PUFA-Polyunsaturated Fatty Acids, α -linolenic acid (ALA), linoleic acid (LA).

Tłuszcze zawarte w pożywieniu są najbardziej skoncentrowanym źródłem energii, witamin rozpuszczalnych w tłuszczach oraz wielonienasyconych niezbędnych kwasów tłuszczowych (WNKT). Spośród czterech rodzajów nienasyconych kwasów, swoiste biologiczne działanie wykazują głównie dwie rodziny: omega-3, którą reprezentuje kwas α -linolenowy (ALA) i omega-6, której prekursorem jest kwas linolowy (LA).

Organizm człowieka nie posiada zdolności syntezy NNKT (niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe), którymi są: kwas α -linolenowy (ALA) – rodzina omega-3 i kwas linolowy (LA) – rodzina omega-6. Powodem tego jest brak układów enzymatycznych zdolnych do wprowadzania wiązań podwójnych w pozycjach n-3 i n-6, wykazuje jednak zdolność ich przebudowy. Z tego powodu NNKT muszą być dostarczane bezpośrednio z dietą (1, 2).

STRUKTURA CHEMICZNA KWASÓW TŁUSZCZOWYCH OMEGA-3 I OMEGA-6

Cząsteczki kwasów tłuszczowych omega-3 i omega-6 zbudowane są z 18 do 22 atomów węgla, pomiędzy którymi występują dwa i więcej wiązań podwójnych. Nazewnictwo kwasów związane jest z ich budową chemiczną. W rodzinie omega-3 pierwsze wiązanie podwójne występuje przy trzecim węglu od metylowego końca łańcuch (stąd nazwa omega-3), a w rodzinie omega-6 przy szóstym węglu licząc od metylowego końca łańcucha (nazwa omega-6) (1, 3). Kwasy α -linolenowy, dokozaheksaenowy (DHA) i eikozapentaenowy (EPA) znajdują się w grupie kwasów n-3. Kwas linolowy i arachidonowy należą do grupy kwasów n-6 (1).

ŹRÓDŁA OMEGA-3 I OMEGA-6

W naturze kwasy omega-3 występują w znacznych ilościach w algach i fitoplanktonie morskim. Jedynym rzeczywistym źródłem kwasów tłuszczowych omega-3,

a zwłaszcza frakcji długołańcuchowych – kwasu eikozapentaenowego (EPA) i kwasu dokozaheksaenowego (DHA) – jest tłuszcz pochodzący z ryb i zwierząt morskich żywiących się planktonem lub rybami (2, 4, 5, 6, 7, 8). Zawartość EPA i DHA oraz ich wzajemne proporcje w tłuszczu rybim zależą od:

- gatunku ryb,
- stanu fizjologicznego ryb,
- pory roku,
- akwenu połowu.

Ryby z zimnych mórz północnych zawierają więcej EPA, z południowych zaś więcej DHA. Także niektóre gatunki śródlądowe zawierają wysoki poziom kwasów omega-3 – głównie łosoś. Dobijaki (tobiasze) to specjalne hodowle ryb, bogate w kwasy omega-3, które stanowią karmę dla hodowlanych łososi, przeznaczonych do spożycia (2). Ponadto, ryby żyjące dziko odznaczają się większą zawartością kwasów tłuszczowych omega-3, a mniejszą omega-6 w porównaniu z rybami hodowlanymi (8).

Tabela 1. Zawartość długołańcuchowych WNKT omega-3 w wybranych gatunkach ryb, g/100 g produktu (3)

Table 1. The content of long-chain polyunsaturated essential fatty acids omega-3 in selected species of fish, g/100 g of product (3)

Gatunek ryby	Zawartość omega-3 (g/100 g produktu)
Łosoś	1,4 – 1,9
Śledź	1,2 – 1,7
Makrela	1,0 – 2,5
Pstrąg	0,7 – 1,0
Tuńczyk w puszcze	0,7 – 1,0
Flądra	0,4

TRAN (*Oleum Jecoris Aselli*) – olej wątluszowy jest ciekłym tłuszczem otrzymanym ze świeżej wątroby dorsza atlantyckiego (*Gadus morrhua*) lub innych ryb z rodziny dorszowatych (*Gadidae*). Jego skład jest zróżnicowany i zawiera różnorodne kwasy tłuszczowe, głównie nienasycone, w tym znaczne ilości glicerydów EPA, DPA i DHA, a także witaminy A i D. Niektóre preparaty są wzbogacone w witaminę E. Produkt ten powinien być regularnie spożywany przez ludzi w każdym wieku, jednak przede wszystkim przez dzieci (3, 6).

Różnorodne owoce morza (ostrygi, krewetki, kraby) i glony, także zawierają kwasy omega-3, jednakże za najcenniejszy uznaje się wciąż olej ekstrahowany z wątroby rekina żyjącego w okolicy Nowej Zelandii i Tasmanii, który oprócz kwasów omega-3 zawiera również inne biologicznie aktywne substancje, jak alkiloglicerole i skwalen o właściwościach immunostymulujących.

Oleje roślinne to kolejne źródło kwasów omega-3 i omega-6. Należą do nich:

- słonecznikowy (70% LA; 0,5% ALA);
- wiesiołkowy (67% LA; 14% GLA);
- kukurydziany (57% LA; 1% ALA);
- sojowy (50% LA; 8% ALA);
- rzepakowy (20% LA; 9% ALA);

- ogórecznikowy (25% GLA);
- lniany nieoczyszczony z pierwszego tłoczenia na zimno (15,82% LA; 56,93% ALA) (3, 9).
- czarna porzeczka to bogate, naturalne źródło kwasu γ -linolenowego (GLA) – omega-6 (6, 8, 10).

Trwają poszukiwania alternatywnych źródeł kwasów omega-3, pozyskiwanych m.in. z hodowli mikroalg *Cryptocodinium cohnii*, których olej zawiera 40% DHA (przy nieznacznej ilości innych nienasyconych kwasów tłuszczowych). Takie źródło DHA nazywa się skrótowo DHASCO, od angielskiej nazwy DHA Single Cell Oil.

DHASCO (albo DHASCO-T lub DHA-TTM) zyskało pozytywną opinię Amerykańskiej Agencji ds. Żywności i Leków (US FDA) i zostało zakwalifikowane jako produkt klasy GRAS (Generally Recognized As Safe), rekomendowany do stosowania u niemowląt i małych dzieci, w połączeniu z kwasem arachidonowym produkowanym przez grzyby *Mortierella alpina* (ARASCO, ARA Single Cell Oil).

Innym produktem zawierającym DHA jest DHASCO – S (DHA – STM), którego źródłem są mikroalgi *Schizochytrium* sp. Zawiera on 40% DHA i 2,5% EPA oraz dodatkowo ok. 15% kwasu dokozapentaenowego (DPA, C_{22:5} – ω -6).

Badania przeprowadzone na ludziach wykazały, że biorównoważność i skuteczność suplementacji (wyrażona poziomem DHA w osoczkowych fosfolipidach i erytrocytach) jest podobna po spożyciu kapsułek zawierających oleje z obu typów alg (DHASCO-T i DHASCO-S) i nie różni się od ekwiwalentnej (odnośnie zawartości DHA) porcji przygotowanego do spożycia łososia. Zarejestrowano także stosunkowo mały wpływ opisanej suplementacji/diety na stężenie EPA (3, 8). Wyniki te dowodzą, że precyzyjnie kontrolowana produkcja pochodzącego z alg oleju, zawierającego określoną ilość DHA, może w przyszłości stanowić główne źródło suplementowanego kwasu.

W organizmie człowieka, kwasy należące do rodzin omega-6 i omega-3 są kompetencyjnymi substratami tych samych układów enzymatycznych. Metabolity tych kwasów działają antagonistycznie względem siebie. Metabolity kwasów omega-6 działają prozapalnie i prozakrzepowo, podczas gdy metabolity kwasów omega-3 wywierają działanie przeciwzapalne oraz hamują agregację płytek krwi (8).

Dostarczenie długołańcuchowych niezbędnych nienasyconych kwasów w diecie dla dzieci i młodzieży jest bardzo ważne ze względu na ich prawidłowy rozwój, zwłaszcza ośrodkowego układu nerwowego. Układy enzymatyczne u niemowląt są niewydolne i dzieci karmione piersią otrzymują w mleku matki duże ilości tych kwasów. Dla wcześniaków stosuje się suplementację standardowych mieszanek mleka w celu lepszego ich upodobnienia do pokarmu kobiecego i poprawy zaopatrzenia organizmów w te niezbędne składniki odżywcze (1). W badaniach klinicznych wykazano, że dzieci odżywiane mlekiem suplementowanym długołańcuchowymi WNKT lepiej się rozwijają pod względem psychoruchowym, a także mają lepszą ostrość widzenia. Dużo uwagi poświęcono zwłaszcza kwasowi dokozaheksaenowemu, którego niedobór staje się szczególnie krytyczny w budowie błon komórkowych ośrodkowego układu nerwowego i siatkówki oka (1).

Prowadzone są również hodowle roślin transgenicznych, które w swych nasionach zawierają kwas stearydonowy (C_{18:4}, ω -3), będący w syntezie kwasów ome-

ga-3 metabolicznie bardziej wydajnym pośrednikiem od kwasu α -linolenowego (ALA, C_{18:3}, ω -3) (3, 8).

BIOLOGICZNE FUNKCJE EIKOZANOIDÓW POWSTAŁYCH Z KWASU EIKOZAPENTAENOWEGO (EPA, OMEGA-3) I KWASU ARACHIDONOWEGO (AA, OMEGA-6)

W ustroju człowieka kwas eikozapentaenowy (EPA) wbudowywany jest w fosfatydyloetanolaminę i fosfatydylocholinę płytek krwi, a tylko w bardzo małym stopniu lub wcale w fosfatydyloinozytol i fosfatydyloserynę. Stąd wniosek, że jest on w ustroju człowieka *in vivo* uwalniany przez fosfolipazę A₂ z fosfatydylocholin i fosfatydyloetanolaminy (1).

Kwas eikozapentaenowy (EPA) wpływa głównie na układ sercowo-naczyniowy poprzez syntezę eikozanoidów trienowych. Pod wpływem cyklooksygenazy (COX) z kwasu eikozapentaenowego (EPA) powstają eikozanoidy trienowe:

- PGI₃ (prostacyklina I₃) – powstaje w śródbłonku naczyń; działa wazodilacyjnie na naczynia wieńcowe i antyagregacyjnie oraz zwiększa poziom cAMP, co wpływa na rozluźnienie mięśni gładkich naczyń krwionośnych;
- PGE₃ (prostaglandyna E₃) – powstaje w tkankach i innych niektórych komórkach; działa wazodilacyjnie i antyagregacyjnie;
- TXA₃ (tromboksan A₃) – powstaje w trombocytach; działa słabo proagregacyjnie i wazokonstrykcyjnie (2).

Pod wpływem lipooksygenazy (LOX) z kwasu eikozapentaenowego (EPA) powstaje leukotrien LTB₅ w leukocytach, który jest słabym induktorem zapaleń i reakcji alergicznych (2).

Kwas arachidonowy (AA) stanowi budulec dla fosfolipidów błon komórkowych neuronów mózgu i fotoreceptorów siatkówki oka. Jest niezbędny dla prawidłowego rozwoju mózgu dziecka od trzeciego trymestru ciąży, kiedy mózg płodu przechodzi etap intensywnego wzrostu (2, 6). Ponadto, kwas arachidonowy (AA) stosowany jest w mleku modyfikowanym dla wcześniaków i niemowląt karmionych pokarmem sztucznym w celu zapewnienia prawidłowego rozwoju funkcji poznawczych, ostrości widzenia oraz prawidłowego tempa wzrostu dziecka.

Pod wpływem cyklooksygenazy (COX) z kwasu arachidonowego (AA) powstają eikozanoidy dienowe:

- PGI₂ (prostacyklina I₂) – powstaje w śródbłonku naczyń; działa wazodilacyjnie i antyagregacyjnie;
- PGE₂ (prostaglandyna E₂) – powstaje w tkankach; działa silnie prozapalnie i immunosupresyjnie;
- TXA₂ (tromboksan A₂) – powstaje w trombocytach i jest silnym czynnikiem proagregacyjnym, wazokonstrykcyjnym, zwiększa napływ jonów wapnia (Ca²⁺) do komórek mięśniówki naczyń i serca nasilając ich kurczliwość i zwiększone zapotrzebowanie na tlen, co potęguje skłonność do arytmii i niedokrwienia mięśnia sercowego. Oddziałuje także na komórki naczyń zwłaszcza wieńcowych, nasilając ich skurcz (1, 2).

Pod wpływem lipooksygenazy (LOX) w leukocytach z kwasu arachidonowego (AA) powstaje leukotrien LTB_4 . Jest on silnym mediatorem procesów zapalnych i reakcji anafilaktycznych (2).

Eikozanoidy powstałe z kwasu arachidonowego (AA) cechują się wysoką aktywnością biologiczną już w bardzo małych ilościach i produkowane w nadmiarze wpływają na zwężenie światła naczyń krwionośnych, progresję zmian zakrzepowych, silne reakcje zapalne i alergiczne (szczególnie u osób wrażliwych) oraz proliferację komórek i rozrost nowotworowy głównie w obrębie sutka, jelita grubego i prostaty (2).

Powyższe działanie wykazują w znacznie mniejszym stopniu metabolity kwasu eikozapentaenowego (EPA). Stąd też zastąpienie, na zasadzie antagonizmu kompetencyjnego, kwasu arachidonowego (AA) kwasem eikozapentaenowym (EPA) w analogicznej kaskadzie enzymatycznej, prowadzi do utworzenia eikozanoidów o niższej aktywności biologicznej. Pochodzący z kwasu eikozapentaenowego (EPA) leukotrien LTB_5 wykazuje tylko 1–10% aktywności LTB_4 , podobnie tromboksan TXA_3 (6).

ROLA KWASU DOKOZAHEKSAENOWEGO (DHA)

Kwas dokozaheksaenowy DHA $C_{22:6}$ występuje powszechnie w błonach komórkowych/plazmatycznych całego organizmu. Stanowi on główny element budulcowy błon komórkowych neuronów kory mózgowej w OUN (do 50% całej frakcji błonowych fosfolipidów) (2, 3, 6, 10, 11).

Wyniki badań, które przeprowadzono na zwierzętach wykazały, że kwas dokozaheksaenowy stymuluje wzrost komórek nerwowych tworząc je bardziej rozgałęzione, wielobiegunowe, o dłuższych wypustkach (3, 10).

Kwas dokozaheksaenowy (DHA) jest podstawowym elementem budulcowym błon komórkowych czopków i pręcików siatkówki oka, które odpowiedzialne są za widzenie nocne i barwne (3). Jest substratem dla związków o potencjale cytoprotekcyjnym i przeciwzapalnym. Będąc substratem dla lipooksygenazy (LOX), DHA ulega przemianom do związków dokozatrienowych o silnym działaniu neuroprotektynym. Takim związkiem powstałym z kwasu dokozaheksaenowego (DHA), w wyniku działania 15-LOX i następującej 16/17- epoksydacji jest kwas 10R,17S-di-hydrokso-dokoza-4Z,7Z,11E,13E,15Z,19Z-heksaenowy, określane również jako 10,17S-dokozatrien i znany pod nazwą neuroprotektyna D1 (NPD1; D od DHA).

NPD1 jest tworzona zarówno w fotoreceptorach (segmenty wewnętrzne), jak i w komórkach RPE (komórki nabłonka barwnikowego siatkówki). Oddziałując na swoiste receptory, NPD1 uruchamia mechanizmy prowadzące do licznych prożyciowych efektów, m.in. hamowania ekspresji i aktywności czynników prozapalnych, hamowania proapoptotycznej kaspazy-3 czy stymulacji czynników antyapoptotycznych (np. białek rodziny Bcl-2) (3).

Kwas dokozaheksaenowy (DHA) odgrywa rolę w rozwoju układu nerwowego zachodzącym podczas życia płodowego, we wczesnym i późniejszym dzieciństwie. Największa kumulacja kwasu dokozaheksaenowego (DHA) w OUN występuje w trzecim trymestrze ciąży (~ 14,5 mg/tydzień) (2, 12).

Duże ilości kwasu dokozaheksaenowego (DHA) noworodki otrzymują z mlekiem matki, dlatego tak ważne jest karmienie piersią, gdyż dzieci wykazują wówczas lepsze zdolności poznawcze oraz prawidłowe tempo wzrostu. Naukowcy zalecają, aby odżywki dla niemowląt karmionych pokarmem sztucznym wzbogacano kwasami omega-3 i omega-6. Odpowiednio wysoki poziom oraz właściwa proporcja pomiędzy omega-3 i omega-6 w diecie matki, przeciwdziała przedwczesnym porodom i niskiej masie urodzeniowej noworodków oraz pozytywnie wpływa na rozwój ośrodkowego układu nerwowego i zdolności uczenia się dziecka. Ma również wpływ na zmniejszenie ryzyka wystąpienia reakcji alergicznych i zmian atopowych skóry u dziecka (2, 6, 11, 12).

W wyniku starzenia się organizmu, wraz z wiekiem spada aktywność enzymu Δ -4-desaturazy, prowadząc do hamowania syntezy kwasu dokozaheksaenowego (DHA) i wzrostu ryzyka zaburzeń funkcjonowania ośrodkowego układu nerwowego u ludzi starszych. Dlatego odpowiedni poziom spożycia kwasów omega-3, zwłaszcza kwasu dokozaheksaenowego (DHA), istotny jest także w wieku podeszłym (1, 2, 13).

KWAS γ -LINOLENOWY (GLA, OMEGA-6) W ORGANIZMIE CZŁOWIEKA

Kwasy linolowy (LA) i linolenowy (ALA) dają początek rodzinom kwasów odpowiednio n-6 i n-3. Są one bowiem przekształcane w wielonienasycone kwasy tłuszczowe WNKT w wyniku zachodzących w retikulum plazmatycznym procesów desaturacji i elongacji łańcucha (1, 8). Tak więc z LA w procesie desaturacji powstaje kwas γ -linolenowy (GLA), który jest wydłużany do kwasu dihomo- γ -linolenowego (DGLA). Ten zaś jest konwertowany przez Δ 5-desaturazę do kwasu arachidonowego (AA). Te same enzymy powodują przekształcenie kwasu α -linolenowego do kwasu eikozapentaenowego (EPA), z którego następnie powstaje kwas dokozaheksaenowy (DHA). W normalnych warunkach elongacja kwasu γ -linolenowego (GLA) do kwasu dihomo- γ -linolenowego (DGLA) przebiega szybciej niż proces desaturacji kwasu linolowego (LA) do γ -linolenowego (GLA). W wyniku tego zawartość kwasu DGLA jest większa niż GLA. Aby zapobiec tej zaburzonej równowadze sensowne jest wzbogacanie pożywienia kwasem γ -linolenowym (GLA), co doprowadza do szybkiego wzrostu zawartości w tkankach ustroju człowieka kwasu DGLA. Stwierdza się przy tym obniżenie aktywności enzymu Δ -5-desaturazy, co powoduje hamowanie przejścia DGLA do AA. Jest to korzystne dla regulacji procesów biochemicznych ustroju, gdyż nie dochodzi wówczas do powstawania nadmiaru kwasu arachidonowego (AA) i przewagi eikozanoidów dienowych (8).

Znajomość tych faktów wykorzystano do opracowania suplementacji diety olejem z nasion wiesiołka. Bogatym źródłem kwasu γ -linolenowego (GLA, omega-6) jest olej z nasion wiesiołka, olej z ogórecznika oraz nasiona czarnej porzeczki (14). Niezbędny kwas gamma-linolenowy (GLA) odgrywa decydującą rolę naprawczą, wzmacnia barierę skóry. Zakres działania GLA w dużym stopniu zależy od formy zastosowania. W postaci kremów na skórę przechodzi wyłącznie do warstwy rogowej naskórka, wypełnia przestrzeń międzykomórkową. Kwas γ -linolenowy podany

doustnie przechodzi do skóry właściwej, wzmacnia jej spójność i zapobiega nadmiernej przez skórę utracie wody, przechodzi do warstwy rogowej naskórka, wypełnia przestrzeń międzykomórkową, przez co wzmacnia barierę chroniącą przed przepuszczaniem z zewnątrz bakterii, toksyn, grzybów, alergenów (14).

Olej z ogórecznika, najbogatsze źródło kwasu gamma-linolenowego (GLA), można spożywać w dawce do 1200 mg/24 h. Wzmacnia on barierę zapobiegającą nadmiernej utracie wody przez skórę. Wyniki badania przeprowadzone w dużej grupie osób starszych pokazały, iż spożywany przez 2 miesiące w dawce 360 lub 720 mg/24 godz. przyczynił się do:

- zmniejszenia o 10,8% przezskórnej utraty wody;
- ustąpienia świądu skóry u wszystkich 75% cierpiących na tę dolegliwość;
- zmniejszenia suchości skóry z 42 do 14% (14).

Kwas gamma-linolenowy (GLA) odznacza się wysokim profilem bezpieczeństwa u dzieci i osób dorosłych. Jego aktywność w skórze wspomagają witaminy, w największym stopniu A i E (14).

Leczniczko preparaty zawierające kwas γ -linolenowy (GLA) podaje się, gdy w organizmie zachodzi ograniczona konwersacja egzogenego kwasu linolenowego (LA) do γ -linolenowego (GLA), wywołana upośledzeniem procesu 6-desaturacji prowadzonej przez enzym Δ -6-desaturazę. Do czynników zaburzających aktywność enzymu Δ -6-desaturazy należą:

- starzenie się organizmu i związana z tym niewydolność wszystkich enzymów;
- infekcje wirusowe i bakteryjne;
- palenie papierosów;
- nadużywanie alkoholu;
- wzrost stężenia cholesterolu całkowitego i trójglicerydów.

Dodatkowo inhibitorami enzymu Δ -6-desaturazy są niektóre leki tj.: NLPZ, glikokortykosterydy, katecholaminy, a także nasycone kwasy tłuszczowe „*trans*” (1, 2, 15).

REKOMENDACJE DOTYCZĄCE DOBOWEGO SPOŻYCIA KWASÓW TŁUSZCZOWYCH OMEGA-3

- 400–650 mg EPA + DHA/dobę – wg wielu narodowych i światowych organizacji o profilu medycznym; jest to dawka do regularnego spożywania w celu uzupełnienia codziennej diety;
- do 3 g EPA + DPA + DHA/dobę – wg danych Food Drug Administration przy tej dawce brak jest objawów ubocznych podczas terapii;
- 200 mg DHA/dobę; kobiety ciężarne \geq 200 mg DHA – wg American Dietetic Association;
- 2–4 g/dobę estrów etylowych EPA i DHA w hipertriglicerydemi (bez lub łącznie ze statyną lub fibratem); kuracja 8 tygodniowa pod kontrolą lekarza;
- 1 g EPA + DPA + DHA/dobę – dla pacjentów po zawale mięśnia sercowego oraz ze stabilną chorobą wieńcową (4, 5);
- do 1 g EPA + DHA/dobę przy uwzględnieniu proporcji DHA > EPA dla pacjentów okulistyčno-neurologiczno-psychiatrycznych (3, 10, 13);
- 1,5 g EPA + DHA/dobę – w chorobach układu sercowo-naczyniowego (16–20).

Table II. Zalecenia ISSFAL (International Society for the Study of Acids and Lipids) wystarczającego spożycia WKT dla zdrowych osób dorosłych (4)

Table II. Recommendations of ISSFAL (International Society For the Study of Acids and Lipids) on optimal PUFA intake for healthy adults (4)

Kwasy tłuszczowe	g/dzień (dla diety 2000 kcal)
LA omega-6	4,44
LA (górną granicą)	6,67
ALA omega-3	2,22
DHA + EPA omega-3	0,65

Osoby z podwyższonym wskaźnikiem zakrzepowym (duże rozrzedzenie krwi) nie powinny przyjmować więcej niż 1 g EPA + DHA na dobę, z powodu przeciwzakrzepowego mechanizmu działania kwasów omega-3. Dlatego też u tych osób przyjmowanie wyższych dawek kwasów omega-3 powinno być objęte kontrolą lekarza specjalisty.

PODSUMOWANIE

Kwasy omega-3 i omega-6 są niezbędne do prawidłowego wzrostu, rozwoju i właściwego funkcjonowania wszystkich narządów w organizmie człowieka, a zwłaszcza układu sercowo – naczyniowego, siatkówki oka i mózgu człowieka (3).

Jednym ze wskaźników jakości zdrowotnej diety jest poziom spożycia WNKT rodziny omega-3 i jego proporcja do kwasów omega-6. Znając biologiczne działanie kwasów omega-3 i -6 wyznaczono prawidłowy stosunek podaży omega-6 : omega-3, który wynosi 4–5 : 1. Jednak w przeciętnym sposobie odżywiania Europejczyka proporcja ta znacznie odbiega od prawidłowej (15–20 : 1) z powodu zbyt wysokiego spożycia kwasów tłuszczowych omega-6 i tłuszczów zawierających kwasy tłuszczowe nasycone. Stwarza to podwyższone ryzyko rozwoju wielu chorób cywilizacyjnych.

U człowieka współczesnego, nie preferującego pokarmów rybnych (bogatych w kwasy omega-3), kaskada przemian kwasów omega-3 nie jest wystarczająca do zapewnienia optymalnej ich ilości dla zdrowia organizmu. Dlatego kwasy omega-3 EPA i DHA powinny być dostarczane w pożywieniu bądź właściwie suplementowane (3).

Zaleca się spożycie co najmniej 2–3 porcji rybnych tygodniowo – tj. ok. 300 g ryb, w celu zapewnienia prawidłowej podaży kwasów tłuszczowych omega-3.

Należy zwrócić uwagę na źródło pozyskania ryb morskich ze względu na niebezpieczeństwo nagromadzenia w nich toksycznych związków tj. polichlorowane bifenole, dioksyny, rtęć (2, 9).

E. Materac, Z. Marczyński, K.H. Bodek

THE ROLE OF LONG-CHAIN FATTY ACIDS OMEGA-3 AND OMEGA-6 IN HUMAN BODY

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. *Nowak Z.J.*: Wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3 w siatkówce i praktyce medycznej – blaski i cienie. *Magazyn Lekarza Okulisty* 2009; 3(4): 208-220. – 4. *Barylski M., Banach M., Kowalski J.*: Wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3 w profilaktyce choroby niedokrwiennej serca, czyli dlaczego Eskimosi rzadko mają zawał. *Kardioprofil*, 2009; 7, 5(32): 295-308. – 5. *Sikora-Frać M., Budaj A.*: Korzyści z zastosowania wielonienasyconych kwasów tłuszczowych omega-3 w chorobach układu krążenia. *Kardioprofil*, 2010; 8, 2(35). – 6. *Karłowicz-Bodalska K., Bodalski T.*: Nienasycone kwasy tłuszczowe, ich właściwości biologiczne i znaczenie w lecznictwie. *Postępy Fitoterapii*, 2007; 1: 46-56. – 7. *Wcisło T., Rogowski W.*: Rola wielonienasyconych kwasów tłuszczowych omega-3 w organizmie człowieka. *Cardiovascular Forum* 2006, 11, 3. – 8. *Marciniak-Lukasiak K.*: Rola i znaczenie kwasów tłuszczowych omega-3. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 2011; 6(79), 24-35. – 9. *Obiedzińska A., Waszkiewicz-Robak.*: Oleje tłoczone na zimno jako żywność funkcjonalna. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 2012; 1(80), 27-44. – 10. *Pawelczyk T.*: Rola WNKT w ośrodkowym układzie nerwowym. VI Ogólnopolska Konferencja Leczymy duszę i ciało nt. „Rola wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w etiopatogenezie i leczeniu zaburzeń psychicznych”. 18.IX.2009 Łódź.
11. *Dudzisz-Śledź M., Śledź A., Jażdżewski P.*: Nienasycone kwasy tłuszczowe a zdrowie człowieka. *Medycyna Rodzinna*, 2006; 4: 78-81. – 12. *Pac-Kożuchowska E.*: Rola kwasów tłuszczowych omega-3 w żywieniu dzieci. *Czynniki Ryzyka*, 2009; 2(60): 35-40. – 13. *Krawczyk K.*: Znaczenie WNKT w etiopatogenezie i leczeniu zaburzeń afektywnych. VI Ogólnopolska Konferencja Leczymy duszę i ciało nt. „Rola wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w etiopatogenezie i leczeniu zaburzeń psychicznych”. 18.IX.2009 Łódź. – 14. *Mrozińska M.*: Rola kwasu gamma-linolenowego w utrzymaniu prawidłowej struktury i funkcji skóry. *Czasopismo Aptekarskie*, 2008; 1(169): 50-52. – 15. *Cichosz G., Czechtot H.*: Kwasy tłuszczowe izomerii trans w diecie człowieka. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2012; 45(2), 181-190. – 16. *Piotrowski G., Gawor Z.*: Wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3 w chorobach sercowo-naczyniowych – wybrane zagadnienia kliniczne. *Czynniki Ryzyka*, 2010; 2(64): 27-33. – 17. *Pasiński T.*: Wielonienasycone kwasy omega-3 w leczeniu chorób układu sercowo-naczyniowego – na jakie dowody czekamy? *Kardiologia Polska*, 2008; 66: 11.– 18. *Bartkowiak R., Wożakowska-Kapłon B., Janion M.*: Znaczenie omega-3 wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w zapobieganiu chorobom serca i naczyń. *Dotychczasowy stan wiedzy. Pol. Przegl. Kardiol.* 2002; 4(4): 385-387. – 19. *Block R.C., Pearson T.A.*: Wpływ kwasów tłuszczowych omega-3 na układ sercowo-naczyniowy. *Folia Cardiol. Excerpta*, 2006; 1(7): 362-376. – 20. *Simopoulos A.P.*: The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Exp. Biol. Medic.*, 2008; 233(6): 674-688.

Adres: 90-151 Łódź, ul. Muszyńskiego 1