

Polynenasýtené mastné kyseliny radu n-3 v dietetických doplnkoch z rybích olejov

OLA GUDMUNDSEN - LEIF KJETIL GJENDEMSJO - JÁN CVENGROŠ

SÚHRN. n-3 dlhoreťazcové polynenasýtené mastné kyseliny EPA (kyselina ikozapentaénová 20:5) a DHA (kyselina dokozahexaénová 22:6) sú esenciálne kyseliny, nevyhnutné pre optimálny vývoj a funkciu živých organizmov. Ľudské telo často nedokáže produkovať n-3 kyseliny v dostatočnom množstve, preto sa odporúča denný príjem 0,6–1 g n-3 mastných kyselín vo forme dietetických doplnkov (suplementov). n-3 mastné kyseliny majú kľúčovú úlohu pri vývoji mozgu a sietnice. Zvýšený príjem n-3 mastných kyselín preukázane znižuje riziko kardiovaskulárnych chorôb, pôsobí proti vysokému krvnému tlaku, znižuje úroveň sérových triacylglycerolov, preventívne pôsobí proti trombóze, stabilizuje srdcový rytmus, pôsobí proti zápalovým chorobám, autoimunitným poruchám a mnohým ďalším chorobným stavom.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: n-3 mastné kyseliny; morské oleje; rybie oleje; dietetické doplnky; suplementy

Naši predkovia konzumovali vo svojej strave dostatočné množstvo dlhoreťazcových n-3 polynenasýtených mastných kyselín. Počas posledných 100 rokov sa však celkový príjem n-3 kyselín vplyvom zmeny životného štýlu zredukoval o 80 %. Toto konštatovanie však neplatí pre Eskimákov, ktorí si svoje tradičné zvyky udržali. Hoci sú vystavení enormným stresom a majú vysokotučnú stravu, kardiovaskulárne choroby medzi nimi sú výrazne zriedkavejšie v porovnaní s typickou západnou spoločnosťou.

Enzymové systémy ľudského organizmu nie sú schopné zabezpečiť jeho potrebu n-3 kyselín v dostatočnom množstve, pretože počas historického vývoja pri nadbytku dlhoreťazcových n-3 kyselín v potrave neexistoval evolučný tlak na ich endogénnu produkciu. Aj keď nižšie C18 n-3 a n-6 kyseliny v strave nechýbajú, produkcia EPA (kyselina ikozapentaénová 20:5) a DHA

Dr. Ola GUDMUNDSEN, Dr. Leif Kjetil GJENDEMSJO, Norwegian Oils AS, 6270 Brattwaag, Nórsko.

Doc. Ing. Ján CVENGROŠ, DrSc., Chemickotechnologická fakulta STU, Radlinského 9, 812 37 Bratislava. E-mail: cvengros@chtf.stuba.sk

(kyselina dokozahehexaénová 22:6) z krátkoreťazcových mastných kyselín je pomalá a nedostatočná. Preto na využitie potenciálu n-6 mastných kyselín pre zachovanie zdravia je nevyhnutný priamy dodatok EPA a DHA vo forme zvýšeného príjmu rybích olejov alebo nutričných doplnkov EPA/DHA. Navyše naši loveckí predkovia mali stravu podstatne bohatšiu na n-3 mastné kyseliny v porovnaní s n-6 mastnými kyselinami (pomer $< 1/2$). V našej súčasnej strave prevláda vysoký podiel mastných kyselín z rastlinných olejov a mäsa, čo dramaticky mení pomer n-3 ku n-6 (pomer $< 1/25$). Dietetické doplnky so zvýšeným obsahom n-3 kyselín môžu zamedziť rozvoju kardiovaskulárnych chorôb, odstrániť symptómy spojené so zápalmi a autoimunitnými poruchami a vo všeobecnosti napomôcť vyhnúť sa celkovým symptómom z nedostatku n-3 kyselín.

Práve výsledky pozorovaní eskimáckej populácie v Grónsku vyvolali veľký záujem o výskum n-3 kyselín. Eskimáci konzumujú vysoko tučnú potravu, žijú v nehostinných podmienkach a sú vystavení enormným stresom v porovnaní s ostatným ľudstvom. Napriek ich vysokotučnej strave úmrť z akútneho infarktu myokardu predstavujú menej ako 10 % prípadov, zaznamenaných v západných spoločnostiach. Odpoveďou na tento paradox je práve vysoký obsah EPA a DHA v ich potrave. Eskimácka tradičná strava obsahuje asi 14 g.d^{-1} dlhoreťazcových n-3 mastných kyselín, zatiaľ čo priemerný príjem v severských krajinách sa pohybuje medzi 0,2 až $0,6 \text{ g.d}^{-1}$ [1]. Štúdie z prostredia Eskimákov ukazujú, že n-3 mastné kyseliny pôsobia preventívne proti kardiovaskulárnym chorobám. Okrem toho Eskimáci sú všeobecne zdravší s extrémne nízkym výskytom hypertenzie, artritídy a diabetu [2-4]. Sú však zraniteľní voči uvedeným chorobám, ak opustia svoj tradičný životný štýl, napríklad po príchode do západných miest.

Zdroje a charakteristika n-3 mastných kyselín

Oceány sú domovom pre drobný mikroplanktón, ktorý je jediným producentom morských EPA a DHA mastných kyselín. Iba chloroplast planktónu obsahuje biochemický mechanizmus pre produkciu morských n-3 mastných kyselín, ktorý chýba u všetkých vyšších organizmov. n-3 mastné kyseliny obohacujú potom cez potravinový reťazec tuk rýb, morských cicavcov a iných vyšších organizmov. Tieto kyseliny sa zabudovávajú do membrán všetkých morských tvorov a sú rozhodujúcimi pre adaptáciu pre život v studenej vode, zabezpečujú tak dobrú fluiditu membrán a ich pružnosť aj pri nízkych teplotách.

Existujú dve skupiny esenciálnych mastných kyselín: skupina kyseliny linolovej (n-6), prítomná vo väčšine rastlinných olejov, a skupina kyseliny α -linolénovej (n-3), ktorá je najviac zastúpená v morských olejoch. Mastné kyseliny radu n-3 a n-6 sú v literatúre tiež označované ako omega-3 resp. omega-6 kyseliny. Ľudské enzýmové systémy nie sú schopné produkovať n-3 kyseliny z n-6 a naopak. EPA a DHA ako kyseliny s dlhším reťazcom a viac nenasýtené sa môžu v ľudskom organizme čiastočne tvoriť z kyseliny α -linolénovej (n-3) účinkom špecifických enzýmov, nie však v dostatočnom množstve. V prípade viacerých chorôb, napríklad pri virózných infekciách, reumatizme, diabete a pod., aktivity týchto enzýmov (najmä desaturáz) sú značne znížené [5,6]. Navyše tieto enzýmy sú často konkurenčne inhibované príjmom veľkých množstiev kyseliny linolovej, trans-mastných kyselín a nasýtených mastných kyselín [7]. Za takýchto podmienok vznikne deficit dlhoreťazcových esenciálnych kyselín EPA a DHA, a to aj vtedy, ak EPA a DHA sa dostávajú do organizmu stravou [8].

Deficit mastných kyselín radu n-3 a zdravotné problémy

n-3 mastné kyseliny sú vysoko koncentrované v mozgu a v sietnici, kde tvoria do 50 % bunkových membrán. Nedostatok n-3 mastných kyselín mení biochémiu a funkciu mozgu a sietnice. Experimenty na zvieratách a pozorovania predčasne narodených detí ukázali, že nedostatok n-3 mastných kyselín vedie k zníženiu zrakovej ostrosti, zhoršeniu videnia, abnormálnemu elektroretinogramu a k abnormálnemu stereotypickému chovaniu. V týchto prípadoch hrá významnú úlohu práve n-3 DHA. Konverzia prekursora n-3 mastnej kyseliny, kyseliny linolénovej, na DHA u predčasne narodených detí je veľmi nízka. Podávanie DHA by takto mohlo vyriešiť jej nedostatok. Výsledkom deficitu n-3 kyselín v skorom veku môžu byť tiež zhoršené poznávacie funkcie a znížený IQ. V istom popísanom prípade pri stuhnutosti a zníženej schopnosti chôdze, bolestiach v nohách, rozmazanom videní a celkovej slabosti súvisel zlý zdravotný stav s nedostatkom n-3 kyselín. V iných prípadoch sa ako dodatok k neurologickým symptómom zaznamenali oneskorené hojenie rán, spomalený rast, suchosť pokožky a zvýšená náklonnosť na infekcie. V súčasnosti sa pri klinických pokusoch sleduje súvislosť medzi dlhoreťazcovými n-3 kyselinami a agresiou, dyslexiou a sústredenosťou. Klinické aj subklinické prejavy nedostatku n-3 mastných kyselín zvlášť v rannom veku možno riešiť podávaním dlhoreťazcových n-3 mastných kyselín EPA a DHA [9-12].

Účinným a dobre známym efektom n-3 mastných kyselín je schopnosť znižovať riziko kardiovaskulárnych chorôb, morbidity a úmrtnosti [13,14]. Vysoká hodnota sérových triacylglycerolov a voľných mastných kyselín je spojená so zvýšeným rizikom kardiovaskulárnych chorôb. n-3 mastné kyseliny podávané v obvyklých dávkach redukujú hodnoty sérových triacylglycerolov a voľných mastných kyselín, a dokonca aj pri malých dávkach môžu významne znížiť plazmové triacylglyceroly. Arytmia môže viesť k zastaveniu srdca a následne k smrti. Pri vysokom príjme n-3 mastných kyselín riziko primárneho zastavenia srdca ako výsledok infarktu myokardu a arytmie je znížené pod 50 % [15]. n-3 mastné kyseliny môžu znižovať rýchlosť restenózy po angioplastike. Redukciou interakcií medzi stenou artérie a bielymi krvinkami bránia n-3 mastné kyseliny prvému stupňu tvorby plakov s následnou inhibíciou vývoja aterosklerózy. n-3 mastné kyseliny tiež pozitívne ovplyvňujú agregáciu platničiek, viskozitu krvi, krvné zrazeniny a fibrinolýzu. Podávanie n-3 mastných kyselín môže tiež znížiť hodnoty diastolického a systolického tlaku krvi [16,17]. Pri užívaní rybieho oleja sa tiež pozorovala významná redukcia lipoproteínu ako prediktora kardiovaskulárnych chorôb [18].

Kardiovaskulárne choroby sú často kombináciou súboru nepriaznivých okolností. Strata inzulínovej senzitivity je jednou z najrýchlejších rozmáhajúcich sa chorôb ako dôsledok západného životného štýlu. Syndróm inzulínovej rezistencie (IRS) je charakterizovaný výskytom mnohých nevýhodných faktorov, ako sú vysoké hladiny triacylglycerolov, nízka hladina HDL-cholesterolu, vysoký krvný tlak, diabetes melitus nezávislý na inzulíne, brušná obezita, glukózová intolerancia, zvýšený obsah kyseliny močovej v krvi a abnormálnosti fibrinolytického systému. Prítomnosť jedného z týchto faktorov nemusí ešte predstavovať významné riziko choroby, avšak súčasný výskyt dvoch alebo viacerých týchto faktorov môže vytvoriť hrozivú situáciu, ktorá môže viesť ku kardiovaskulárnym komplikáciám, infarktu a skorej smrti. Táto situácia je klasifikovaná ako IRS. Navyše dyslipoproteínémia pri IRS je sprievodným znakom vysokého obsahu triacylglycerolov a nízkeho obsahu HDL-cholesterolu, spojených s rozšírenou postprandiálnou lipémiou, zvýšenou úrovňou plazmových voľných mastných kyselín a nízkou hustotou LDL častíc. Pacienti s IRS syndrómom sú takto napriek kludným alebo subklinickým úrovňam najrizikovejších faktorov vystavení vysokému riziku vývoja kardiovaskulárnych chorôb. Morské oleje, najmä EPA, znižujú plazmové triacylglyceroly a voľné mastné kyseliny, čím môžu redukovať ukládanie tuku v tkanivách. Morské oleje môžu tiež zvyšovať senzitivitu inzulínu a ten môže zlepšiť viaceré charakteristiky IRS [19].

Zápalové ochorenia sú charakterizované produkciou účinných zápalových mediátorov, ako sú napr. prostaglandíny. Prostaglandíny sú molekulovými

poslami medzi bunkami. Tvoria sa z kyseliny γ -linolénovej, kyseliny arachidónovej alebo EPA (všetko mastné kyseliny s reťazcom C20). Štúdie ukázali, že príjem n-3 mastných kyselín môže podstatne inhibovať produkciu týchto prozápalových mediátorov [20,21]. Navyše prostaglandíny produkované z EPA vykazujú všeobecne miernejšie efekty v porovnaní s prostaglandínmi, odvodenými od kyseliny arachidónovej. Moduláciou imunologickej odozvy a produkciou zápalových mediátorov môžu n-3 mastné kyseliny potlačiť symptómy viacerých zápalových ochorení vrátane začervenania, bolesti a opuchov. n-3 mastné kyseliny môžu tiež zlepšiť symptómy autoimunitných chorôb ako reumatická artritída, lupus a nefropatia. Pri klinických pokusoch s pacientmi s pľúcnymi chorobami ako astma alebo cystická fibróza, sa po aplikácii rybieho oleja pozorovala znížená produkcia prozápalových mediátorov. Užívanie rybieho oleja môže byť spojené so znížením rizika astmy u detí citlivých na prievan. Crohnova choroba je charakterizovaná celoživotným zápalom čriev. Po aplikácii EPA sa konštatovala znížená početnosť recidív [22]. Takto n-3 mastné kyseliny môžu pomôcť odstrániť symptómy spojené s viacerými chorobami súvisiacimi s imunitou.

Zabudovanie DHA do membrán je nevyhnutné pre život pri nízkych teplotách a na zabezpečenie vysokej membránovej fluidity a funkčnosti. V ľudskom organizme je DHA obohatená v tých membránach, kde fluidita je kľúčovou pre funkciu bunky, ako sú napr. mozgové synaptické membrány a zrenicové tyčinky. Prenatálny a perinatálny rast a vývoj centrálného nervového systému a zrakové ostrosti je závislý od DHA [23]. Pretože plod a novorodenec majú veľmi obmedzenú schopnosť syntetizovať DHA, táto kyselina sa považuje za esenciálny nutriente počas posledného trimestra tehotenstva a prvých šesť mesiacov po narodení. DHA je v tomto prípade zabezpečovaná prostredníctvom matky, hoci materské zásoby DHA sa môžu vyčerpať, ak nie sú dopĺňované zvýšeným prívodom. Okrem toho dopĺňovanie zásob materských n-3 kyselín predlžuje laktáciu, znižuje výskyt predčasného pôrodu a zvyšuje pôrodnú váhu [24]. Existuje súbor podnetných výsledkov, poukazujúcich na rozhodujúcu úlohu DHA pri funkcii mozgu [11]. Dobré výsledky sa dosiahli pri dyslexii (neschopnosť vnímať zmysel písaného textu) spolu so zlepšením správania sa a schopnosti čítať. Sľubné výsledky sú referované v súvislosti s podávaním n-3 kyselín pri schizofrénii. Deti s poruchou sústredenia (hyperaktívne poruchy) majú nízku úroveň n-3 mastných kyselín, pričom súvislosť medzi n-3 kyselinami a závažnosťou problému správania sa je evidentná. Súčasné výsledky ukazujú, že dlhoreťazcové n-3 kyseliny môžu pozitívne ovplyvniť rovnako depresie, ako aj agresie. Peroxisomálne poruchy sú mimoriadne vážne choroby s nepriaznivo krátkodobou prognózou. Liečba týchto pacientov, založená na vyváženom príjme

DHA bola veľmi úspešná [25]. Nízke úrovne DHA sú spojené aj s ďalšími neurologickými poruchami, ako je skleróza multiplex, juvenilná neuronálna ceroidlipofuscinóza, avšak až ďalšie štúdie v budúcnosti budú môcť rozhodnúť o opodstatnenosti tejto súvislosti.

Výživové trendy

V tridsiatych rokoch boli esenciálne mastné kyseliny uznané ako nevyhnutnosť správnej výživy a dobrého zdravia. Počas päťdesiatych rokov sa sústredila veľká pozornosť na schopnosť polynenasýtených mastných kyselín zlepšiť stav krvných lipidov, zvlášť ich schopnosti znížiť hladinu plazmového cholesterolu v porovnaní s nasýtenými mastnými kyselinami. Na základe týchto zistení bolo doporučené jesť menej nasýtených mastných kyselín a viac polynenasýtených mastných kyselín, súčasne rastlinné oleje sa začali používať v mnohých jedlách namiesto masla. Podrobnejšie informácie sú dostupné zo šesťdesiatych a sedemdesiatych rokov. Populácii sa odporúčalo jesť viac produktov bohatých na vlákninu, čo viedlo k zvýšenej spotrebe ovsených produktov. Počas osemdesiatych rokov sa predávali nízkoenergetické produkty v prebytku so snahou znížiť príjem tuku na 30 % energetickej hodnoty podľa nutričných odporúčaní. V súčasnosti sa sústreďuje veľká pozornosť na zdravotné aspekty n-3 mastných kyselín. Fortifikácia a technológia doplnkových nutričných prípravkov s EPA a DHA progresívne získavajú pozornosť na trhu a môžu byť budúcim výživovým trendom. Keďže stúpajúca kvalita a čistota olejov je zaručená, pričom nepríjemná rybia chuť a vôňa sú potlačené na minimum, môže byť využitie morských olejov naozaj významným nutričným trendom súčasnosti. Pri rafinácii morských olejov, resp. pri príprave koncentrátov EPA/DHA, sa používajú vybrané kvalitné suroviny, spracovávané modernými separačnými metódami, ako je napríklad molekulová destilácia, umožňujúca koncentrovať účinné zložky s vyššou molekulovou hmotnosťou bez ich chemických zmien. Kvalita produktov je rovnako kontrolovaná podľa prísnych medzinárodných pravidiel, čo je zárukou ich maximálnej akosti. Produkty sú skladované v inertnej atmosfére. Typickým výrobkom je napríklad plne rafinovaný a dezodorizovaný rybí olej s celkovým obsahom n-3 mastných kyselín okolo 35 % so zastúpením 18 % EPA a 12 % DHA.

Súčasné odporúčania väčšiny odborníkov na výživu zahrňujú vysoké príjmy morských rýb (30–60 g.d⁻¹), vynechanie nasýtených tukov a trans-mastných kyselín a zníženie celkového príjmu tukov na menej ako 30 % z ener-

gie potravy. Mnohí výskumníci a vedci súčasne odporúčajú užívať n-3 dietetické doplnky pri mnohých zdravotných problémoch a poruchách.

Výskum biologických a klinických účinkov morských n-3 mastných kyselín začal v medicínskych kruhoch. V tejto profesii sa stále pracuje na ďalšom poznávaní významu esenciálnych n-3 mastných kyselín pre zdravý život. Doterajším výsledkom výskumu je viac ako 6000 vedeckých publikácií a vo výskume sa pokračuje aj naďalej.

Na Slovensku sa problematikou n-3 mastných kyselín zaoberal autorský kolektív [26], ktorý po podávaní asi 3 g EPA a DHA denne pacientom s diabetes mellitus II. typu konštatoval silný pokles sérových triacylglycerolov pri miernom náraste HDL. V práci [27] sa konštatuje, že pri podávaní n-3 kyselín dochádza k zmenám v zastúpení iných mono- a polynenasýtených kyselín v sérových fosfolipidoch. Preto sa odporúčajú zmesi n-3 kyselín s olivovým olejom, ktorý je bohatý na kyselinu olejovú. Príjem n-3 kyselín tiež vplýva na niektoré vybrané faktory súvisiace so zvýšenou zrážanlivosťou krvi [28].

Podiel morských rýb vo výžive obyvateľstva SR a spotreba rybieho oleja v SR ako v typickom stredozemskom štáte sú prirodzene nízke. Dietetické doplnky so zvýšeným obsahom n-3 mastných kyselín sa na našom trhu prakticky nevyskytujú. V ČR je občasne dostupný dietetický doplnok Epavit, výrobok SETUZA a.s., Ústí nad Labem, ktorý je zmesou rybích olejov a rastlinných olejov [29].

Záver

Príjem dlhoreťazcových n-3 mastných kyselín môže zabrániť rozvoju kardiovaskulárnych chorôb a byť užitočným pri liečení srdcových chorôb. n-3 mastné kyseliny znižujú úmrtnosť v dôsledku infarktu myokardu stabilizáciou prevodového systému srdca, inhibujúc arytmiu a komorovú fibriláciu. Užívanie n-3 mastných kyselín je pravdepodobne najbezpečnejší a najlepší postup pri zvýšenej hladine triacylglycerolov v krvi, ktorá je spojená s vysokým rizikom aterosklerózy a srdcových chorôb. Kyseliny radu n-3 podstatne znižujú hodnoty krvných triacylglycerolov. Riziko úmrtnosti a chorobnosti v dôsledku kardiovaskulárnych chorôb sa môže znížiť denným príjmom 1–2 g mastných kyselín radu n-3.

n-3 mastné kyseliny sú mimoriadne dôležité pri vývoji mozgu a sietnice v skorých etapách života. Dietetické doplnky n-3 mastných kyselín sú preto dôležité počas posledného trimestra tehotenstva a počas prvých mesiacov života v období vývoja mozgu.

Vyššie diskutovaný mnohostranný efekt n-3 mastných kyselín je podložený najčerstvejšími výskumnými výsledkami. V porovnaní s našimi predkami má väčšina ľudí veľmi nízke hodnoty n-3 mastných kyselín. Vysoko rafinované morské oleje s vysokým obsahom EPA a DHA sa považujú za bezpečnú alternatívu po príslušnej aditívácii s vitamínom E ako antioxidantom [30,31]. Na druhej strane sa objavujú výhrady proti vysokým príjmom oleja z pečene tresky, ktorý obsahuje vysoké hodnoty vitamínov A a D.

Najčastejšou príčinou úmrtí v SR sú kardiovaskulárne choroby. K zmene tohto nepriaznivého stavu môže prispieť cieľavedomá osвета a prevencia. Zabezpečením dostatku a širšieho výberu dietetických doplnkov s n-3 mastnými kyselinami na trhu SR sa tak naskytá možnosť prispieť k zlepšeniu zdravotného stavu našej populácie.

Literatúra

1. DYERBERG, J.: Coronary heart diseases in Greenland Inuit: A paradox. Implications for Western diet patterns. *Arctic Medicine Research*, 48, 1989, s. 47-54.
2. BANG, H. O. - DYERBERG, J.: Lipid metabolism and ischemic heart disease in Greenland eskimos. *Advances in Nutrition Research*, 3, 1980, s. 1-22.
3. DYERBERG, J. - BANG, H. O.: Lipid metabolism, atherogenesis, and haemostasis in Eskimos: The role of the prostaglandin-3 family. *Haemostasis*, 8, 1979, s. 227-233.
4. KROMANN, N. - GREEN, A.: Epidemiological studies in the Upernavik districts, Greenland. *Acta Medica Scandinavica*, 208, 1980, s. 401-406.
5. HORROBIN, D. F.: Fatty acid metabolism in health and disease: the role of n-6-desaturase. *American Journal of Clinical Nutrition*, 57(Suppl.), 1993, s. S732-S737.
6. SOREIDE, E. - SKEIE, B. - KATZ, D. P. - MANNER, T. - ASKANAZI, J.: Long-term use of linolenic acid-enriched fat emulsion (PFE 4501): case report. *Nutrition*, 8, 1992, s. 182-185.
7. BRENNER, R. R.: Factors influencing fatty acid chain elongation and desaturation. In: VERGOESEN, A. J. - CRAWFORD, M. A. (Ed.): *The roles of fat in human nutrition*. 2. vyd. London : Academic Press, 1989, s. 45-80.
8. BJERVE, K. S.: n-3 fatty acid deficiency in man. *Journal of Internal Medicine*, 225(731) Suppl., 1989, s. 171-175.
9. ANDERSON, G. J. - CONNOR, W. E.: On demonstration of n-3 essential fatty acid deficiency in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, 49, 1989, s. 585-587.
10. BJERVE, K. S. - FISCHER, S. - WAMMER, F.: α -linolenic acid deficiency in man: Effect of ethyl linolenate on plasma and erythrocyte fatty acid composition and bio-synthesis of prostanoids. *American Journal of Clinical Nutrition*, 46, 1987, s. 570-576.
11. HIBBELN, J. R. - SALEM, N. JR.: Dietary polyunsaturated fatty acids and depression; when cholesterol does not satisfy. *American Journal of Clinical Nutrition*, 62, 1995, s. 1-9.
12. HOLMAN, R. T. - JOHNSON, S. R.: Linolenic acid deficiency in man. *Nutrition Reviews*, 40, 1982, s. 144-147.
13. DREVON, C. A.: Marine oils and their effects. *Nutrition Reviews*, 50, 1992, s. 29-36.
14. LEAF, A. - WEBER, P. C.: Cardiovascular effects of n-3 fatty acids. *New England Journal*

- of Medicine, 318, 1988, s. 549-557.
15. SISCOVICK, D. S. - RAGHUNATHAN, T. E. - KING, I. - WEINMANN, S. - WICKLUND, K. G. - ALBRIGHT, J. - BOVBJERG, V. - ARBOGAST, P. - SMITH, H. - KUSHI, L. H. et al.: Dietary intake and cell membrane levels of long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids and the risk of primary cardiac arrest. *Journal of the American Medical Association*, 274, 1995, s. 1363-1367.
 16. Knapp, H. R.: N-3 fatty acids and human hypertension. *Current Opinion in Lipidology*, 7, 1996, s. 30-33.
 17. SCHMIDT, E. N. - LERVANG, H. H. - VERMING, K. - MADSEN, P. - DYERBERG, J.: Long-term supplementation with n-3 fatty acids, I: effect on blood lipids, haemostasis and blood pressure. *Scandinavian Journal of Clinical & Laboratory Investigation*, 52, 1992, s. 221-228.
 18. HAGLUND, O. - METHA, J. L. - SALDEEN, T.: Effects of fish oil on some parameters of fibrinolysis and lipoprotein (a) in healthy subjects. *American Journal of Cardiology*, 74, 1994, s. 189-192.
 19. STORLIEN, L. H. - JENKINS, A. B. - CHISHOLM, D. J. - PASCOE, W. S. - KHOURI, S. - KRAEGEN, E. W.: Influence of dietary fat composition on development of insulin resistance in rats. Relationship to muscle triglyceride and omega-3 fatty acids in muscle phospholipid. *Diabetes*, 40, 1991, s. 280-289.
 20. KREMER, J. M. - JUBIZ, W. - MICHALEK, A. - RYNES, R. I. - BARTHOLOMEW L. E. - BIGAOUTTE, J. - TIMCHALK, M. - BEELER, D. - LININGER, L.: Fish oil fatty acid supplementation in active rheumatoid arthritis. *Annals of Internal Medicine*, 106, 1987, s. 497-503.
 21. KREMER, J. M.: N-3 fatty acid dietary supplementation in patients with rheumatoid arthritis. In: FRÖLICH, J. C. - SCHACKY, C. (Ed.): *Fish, fish oil and human health*. Munich : W. Zuckschwerdt Verlag, 1992, s. 135-143.
 22. BELUZZI, A. - BRIGNOLA, C. - CAMPIERI, M. - PERA, A. - BOSCHI, S. - MIGLIOLI, M.: Effect of an enteric-coated fish-oil preparation on relapses in Crohn's disease. *New England Journal of Medicine*, 334, 1996, s. 1557-1560.
 23. CRAWFORD, M. A.: The role of essential fatty acids in neural development: implications for perinatal nutrition. *American Journal of Clinical Nutrition*, 57 (Suppl. 1), 1993, s. 703-709.
 24. OLSEN, S. F. - SORESENSEN, J. D. - SECHER, N. D. - HEDEGAARD, M. - HENRIKSEN, T. B. - HANSEN, H. S. - GRANT, A.: Randomised controlled trial of effect of fish-oil supplementation on pregnancy duration. *Lancet*, 339, 1992, s. 1003-1007.
 25. MARTINEZ, M.: Abnormal profiles of polyunsaturated fatty acids in the brain, liver, kidney and retina of patients with peroxisomal disorders. *Brain Research*, 583, 1992, s. 171-182.
 26. HABÁN, P. - ŠIMONČIČ, R. - KLVANOVÁ, J. - OZDÍN, L. - ŽIDEKOVÁ, E.: Vplyv podávania n-3 mastných kyselín na vybrané ukazovatele kardiovaskulárnych rizík u pacientov s diabetom mellitus II. typu. *Bratislavské lekárske listy*, 99, 1998, s. 37-42.
 27. HABÁN, P. - ŽIDEKOVÁ, E. - KLVANOVÁ, J.: Supplementation with long-chain n-3 fatty acids in non-insulin-dependent diabetes mellitus (NIDDM) patients leads to the lowering of oleic acid content in serum phospholipids. *European Journal of Nutrition*, 39, 2000, s. 201-206.
 28. HABÁN, P. - ŠIMONČIČ, R. - ŽIDEKOVÁ, E. - KLVANOVÁ, J.: Effect of application of n-3 polyunsaturated fatty acids on blood serum concentration of von Willebrand factor in type II diabetes mellitus. *Medical Science Monitor*, 5, 1999, s. 661-665.
 29. SVOBODA, Z.: Dietetický prípravek EPAVIT. In: *Sborník přednášek z XXXIV. semináře z technologie a analytiky tuků*, Třešť 15.-17.5.1996. Ústí nad Labem : Odborná skupina

- pro tuky, detergenty a kosmetickou chemii České společnosti chemické, 1996, s. 38-43.
30. KRAMER, T. R. - SCHOENE, N. - DOUGLASS, L. W. - JUDD, J. T. - BALLARD-BARBASH, R. - TAYLOR, P. R. - BHAGAVAN, H. N. - NAIR, P. P.: Increased vitamin E intake restores fish-oil-induced suppressed blastogenesis of mitogen-stimulated T lymphocytes. *American Journal of Clinical Nutrition*, 54, 1991, s. 896-902.
31. OOSTERBRUG, G. S. - MENSINK, R. P. - HORNSTRA, G.: A moderate in vivo vitamin E supplement counteracts the fish-oil-induced increase in vivo oxidation of human low-density lipoproteins. *American Journal of Clinical Nutrition*, 57, 1993, s. 827S.

Do redakcie došlo 14.11.2000.

n-3 polyunsaturated fatty acids in marine oil supplements

GUDMUNDSEN, O. - GJENDEMSJO, L. K. - CVENGROŠ, J.:
Bull. potrav. Výsk., 40, 2001, p. 33-42.

SUMMARY. n-3 long chain polyunsaturated fatty acids EPA (eicosapentaenoic acid 20:5) and DHA (docosahexaenoic acid 22:6) are essential fatty acids inevitable for optimum development and function of vital body systems. The biosynthesis of EPA and DHA in the human organism is not sufficient to reach an adequate level and, therefore, a direct daily supply of 0.6–1 g of n-3 fatty acids through the consumption of EPA/DHA dietary supplements is recommended. n-3 fatty acids play a crucial role in the brain development and retina function. An increased intake of n-3 fatty acids evidently lowers the risk of coronary heart diseases, reduces blood pressure, lowers serum triacylglycerol levels, stabilizes heart rhythm, ameliorates inflammatory diseases, auto-immune disorders and several other disease states.

KEYWORDS: n-3 fatty acids; marine oils; fish oils; dietary supplements