

Predykcyjna teoria ewolucji Crawforda

Wstęp

Nauka o żywieniu była zawsze uważana za dyscyplinę ważną, jednakże w rzeczywistości jej problemy były traktowane bez głębokiej refleksji fizjologicznej, a często aspekty ekonomiczne brały górę nad imperatywami biologicznymi. Obecnie ta nauka odzyskuje swoją rangę, a jej problemy zaczynają być coraz częściej przedmiotem fascynacji. Fascynacja ta jest w pełni uzasadniona, zwłaszcza jeżeli chodzi o kwasy tłuszczowe omega-3 i omega-6.

Kwasy tłuszczowe są substancjami posiadającymi w swej strukturze łańcuch atomów węgla od dwóch (C2) do 30 (C30), ze związanymi z nimi atomami wodoru oraz grupą karboksylową. Gdy dwa albo kilka atomów wodoru zostanie usuniętych z cząsteczki, powstaje jedno albo więcej wiązań podwójnych (C=C).

Kwas oznaczony C20:1 to jednonienasycony kwas tłuszczowy, który zawiera 20 atomów węgla i jedno nienasycone wiązanie C=C w cząsteczce, a kwas oznaczony C22:3 to wielonienasycony kwas tłuszczowy posiadający 22 atomy i 3 „punkty” nienasyceń. Należy podkreślić, że zarówno ilość, konformacja, jak i usytuowanie wiązań podwójnych stanowi o właściwościach biologicznych tego określonego nienasyconego kwasu tłuszczowego, jak również o jego stabilności. Konformacja *cis* w podwójnym wiązaniu między atomami węgla występuje wówczas, gdy atomy wodoru zostały usunięte z tej samej strony łańcucha węglowego. Nienasycone kwasy tłuszczowe występują w naturze w konformacji *cis* i w tej formie są biologicznie aktywne, natomiast w konformacji *trans* występują w naturze bardzo rzadko (Kochman 2010).

Klasyfikacja nienasyconych kwasów tłuszczowych jest według pozycji pierwszego podwójnego wiązania od strony metylowej łańcucha węglowego (ω), natomiast desaturacja przez enzymy desaturazy jest oznaczana, licząc pozycję atomu węgla od strony karboksylowej łańcucha (Δ), przy którym atomy wodoru są usunięte, aby utworzyć podwójne wiązanie między atomami węgla, tym i następnym (Innis 2008).

Głównym źródłem egzogennych kwasów tłuszczowych (EFA): kwasu linolowego (LA) i kwasu α -linolenowego (LNA) są oleje roślinne i części roślin.

Kwasy 20 oraz 22 węglowe: kwas arachidonowy (ARA) i kwas dokozaheksaenowy (DHA),

najbardziej potrzebne organizmom zwierząt i człowieka, są syntetyzowane w ich tkankach przy udziale enzymów desaturaz z macierzystych kwasów EFA po ich spożyciu. Człowiek i zwierzęta nie posiadają desaturaz Δ -15 oraz Δ -12.

Enzymy desaturaza Δ -6, której biosyntezę koduje gen *FADS2*, oraz desaturaza Δ -5, którą koduje gen *FADS1*, wprowadzają podwójne wiązania, odpowiednio, do węgla 6 albo 5, licząc od karboksylowego końca łańcucha, są one enzymami wyznaczającymi limit biosyntezy kwasu arachidonowego (ARA) i kwasu dokozaheksaenowego (DHA) w organizmach zwierząt i człowieka. Człowiek i zwierzęta otrzymują więc DHA w postaci 18-węglowego prekursora kwasu α -linolenowego, albo jako gotowy DHA, oraz możliwie jako pośrednie formy, mianowicie kwas eikozapentaenowy (EPA).

Zastosowanie metod biologii molekularnej w badaniach dotyczących udziału kwasów omega-3 i omega-6 w funkcji mózgu, układu nerwowego oraz całego organizmu człowieka pozwala bardziej precyzyjnie wnioskować o przebiegu wielu procesów i zależności.

Predykcyjna teoria ewolucji Crawforda

Postęp ewolucji

Ziemia powstała 4,6 mld lat temu, a odkryte skamieniałości wykazały, że pierwsze bakterie pojawiły się już 3 mld lat temu. W czasie postępowania ewolucji powstawały pierwsze formy życia, które następnie podlegały ewolucji z olbrzymią energią i w stosunkowo krótkim czasie. Tlen powoli uwalniał się przez fotolizę wody i jako produkt uboczny w fotosyntezie zielono-niebieskich glonów, co w końcu doprowadziło do powstania na ziemi atmosfery aerobowej. W następnej kolejności rozwijało się życie zwierząt we wszystkich pierwotnych gromadach, określających się samych w sobie, w czasie relatywnie krótkim w relacji do czasu geologicznego. Po pojawieniu się zielono-niebieskich glonów 2,6 mld lat temu, dalsze zmiany praktycznie nie zachodziły przez dalsze 2 mld lat. Następnie na lądzie powstawały i rozwijały się inne formy życia, jak olbrzymie cykady, paprocie oraz pokrewne im gatunki i olbrzymie płazy, które wszystkie zniknęły w końcu okresu kredowego, pozostawiając pole dla ewolucji ssaków. W kontraście z tym okresem ewolucja gromady zwierząt zaczęła się relatywnie natychmiast – 500-600 mln lat temu. Cały ciąg zdarzeń w ewolucji zwierząt miał miejsce w stosunkowo krótkim czasie, od trylobitów do graptolitów, ryb, wielkich płazów i gadów, wielkich ssaków, a na końcu człowieka. Ewolucja wyższych zwierząt zachodziła w medium bogatym w składniki pokarmowe, przygotowanym przez niebiesko-zielone glony, które mogły służyć jako ważny skład pokarmowy do wykorzystania przez organizmy zwierząt, dając im nowe możliwości do zbudowania swych struktur w sposób bardziej skomplikowany niż dotychczas. Rozwój zwierząt ewoluował w środowisku bogatym w kwasy tłuszczowe ω -3, tokoferole i karoteny, a również w mniejszych ilościach w kwasy tłuszcz-

czowe ω -6. Takie środowisko zapewniało zwierzętom rozwój bardziej skomplikowanych i ważnych dla życia struktur organizmu (Crawford 1992).

Przykładem rozwoju ewolucyjnego jest, przytaczane przez Crawforda, ukształtowanie się widzenia. Dostępność retinolu była determinantem rozwoju widzenia. Zwierzęta, na swej ścieżce ewolucyjnej wytworzyły fotoreceptor, do budowy którego zwierzęta morskie, płazy i obecnie żyjące gatunki zwierząt używały kwasu dokozaheksaenowego (DHA) jako podstawowego kwasu tłuszczowego błon w fosfoglicerydach. Jego prekursor kwas α -linolenowy występuje w zielonych częściach roślin i jest związany z fotosyntezą. W czopkach siatkówki DHA jest obecny w ilości 50-60% wszystkich kwasów tłuszczowych obecnych w polarnych fosfoglicerydach płytek, w których są również wbudowane rodopsyna i białko G. Rośliny i glony produkują nie tylko prekursor dla błon fotoreceptora, lecz również β -karoten, który, po przekształceniu się w retinol, staje się aktualną cząsteczką fotoreceptora, która inicjuje widzenie. W ten zestaw żywieniowy są włączone również cząsteczki antyoksydacyjne: α -tokoferol i kwas askorbinowy, wytworzone w procesie fotosyntezy i używane przez zwierzęta, po spożyciu, do ochrony czopków. W wyniku procesu fotosyntezy powstał kompletny zestaw substancji potrzebnych dla fotoreceptora i jego ochrony, to znaczy do widzenia w środowisku tlenowym. Równocześnie, błony synaptyczne włączone do systemu przeniesienia sygnału używają również dużych ilości DHA do swej budowy i budowy receptorów. Fotorecepcja stała się kluczem do rozwoju w gromadzie, która w rezultacie, w okresie późniejszym, stała się *homo sapiens* (Crawford 1992).

Wiadomo, że niebiesko-zielone glony miały bardzo prostą budowę struktur wewnętrznych. Z czasem, gdy ciśnienie tlenu rosło, a organizmy eukariotyczne podlegały ewolucji, następowało kształtowanie się i rozwój zarówno wewnętrznych jak i zewnętrznych błon komórkowych, co prowadziło do zwiększonej organizacji aktywności wewnątrz komórki oraz doprowadziło w końcu do systemów wielokomórkowych. Ewolucja organizmów eukariotycznych włączyła również lipidy do błon, a taka organizacja pozwoliła na stworzenie bariery, która odgrodziła komórki od otoczenia zewnętrznego oraz zatrzymywała w komórce białka, dając w rezultacie korzystne i logiczne ukształtowanie systemów enzymatycznych, związanych z membranami oraz wprowadziła gradienty elektrochemiczny i redoks (Crawford 1992).

Dominacja kwasów tłuszczowych ω -3 występuje do dzisiaj w morskim łańcuchu pokarmowym. Kwasy tłuszczowe ω -3 dominowały w łańcuchu pokarmowym na lądzie aż do końca okresu kredowego. Ryby potrzebują kwasów tłuszczowych ω -3 do procesu reprodukcyjnego, do złożenia jaj, natomiast w systemie łożyska, który wyewoluował u ssaków, kwasy tłuszczowe membran łożyska to kwas arachidonowy, który tam dominuje, a cały rozród ssaków wymaga kwasów tłuszczowych ω -6. Pojawienie się ssaków z nowymi wymaganiami i zapotrzebowaniem na te kwasy tłuszczowe ω -6 zbiegło się ko-

rzystnie z pojawieniem się roślin kwitnących, które zawierały, po raz pierwszy, skoncentrowane źródło kwasów tłuszczowych omega-6, głównie kwasu linolowego. System łożyskowy daje większe korzyści, ponieważ organizm może w tym układzie zagęszczać substancje pokarmowe jeszcze przed karmieniem rozwijającego się zarodka (Crawford 1992).

Wpływ EFA na rozwój mózgu

Niektóre gatunki ssaków w czasie ewolucji wykształciły duże ciało z małym mózgiem, natomiast u człowieka *homo sapiens* sytuacja jest odwrotna – rozwinął on stosunkowo małe ciało z dużym, pojemnym mózgiem. Jest to bardzo interesujące zagadnienie, które należy wyjaśnić do końca. Nosorożec w wieku 4 lat waży jedną tonę, a jego mózg waży tylko nieco ponad 350 g. W przeciwieństwie do tego, dziecko w tym samym wieku waży 20 kg, a jego mózg waży 1300 g albo nawet więcej. Wyższa inteligencja jest prawdopodobnie funkcją dodatkową mózgu posiadającego o wiele większą pojemność i liczbę komórek ponad tę, która jest niezbędną do rutynowego regulowania funkcji organizmu i jego zachowania. Bardzo duże zwierzę może posiadać większy mózg niż zwierzę mniejsze, lecz jego aktywność i pojemność może być zajęta prawie całkowicie przez regulacyjne neurony i przez centralną kontrolę nerwową, a dużo mniejsza pojemność jest do wykorzystania dla rozwinięcia inteligencji.

Rozwój zdolności interpretacyjnych albo myślenia abstrakcyjnego może być funkcją nie tylko rozmiarów mózgu, ale raczej gęstości neuronów oraz ilości połączeń synaptycznych. Jeżeli kompleks układów zachowania jest powiązany z liczbą komórek nerwowych oraz z gęstością synaps, a nie tak bardzo zależy od rozmiarów mózgu, wówczas wielkość mózgu staje się kluczową jedynie, gdy gęstość komórek nerwowych i połączeń synaptycznych jest zależna od tej wielkości.

Na przykładzie nosorożca możemy wnioskować, że kilka czynników ogranicza wzrost ciała i szkieletu. Białko jest bardzo ważne dla wzrostu ciała, a składniki mineralne dla wzrostu szkieletu, natomiast dostępność odpowiednich lipidów, szczególnie kwasów DHA i ARA, określa granice i możliwości wzrostu i rozwoju mózgu.

Badania lipidów wewnętrznej błony zwierząt lądowych wykazują, że mimo różnic we względnej pojemności mózgu, różnej selekcji pokarmu i miejsca przebywania, fosfoglicerydy mózgu stale używają tego samego zestawu kwasów tłuszczowych: ARA i DHA. Porównanie składników mózgu wykazuje, że różnice są tylko nieznaczne między gatunkami, chociaż jak wiadomo rozmiary mózgu są bardzo różne.

Po ewolucyjnym ukształtowaniu się łożyska i jego funkcji, różnice we względnej wielkości mózgu mogły zależeć od obecności w pokarmie wystarczających ilości i dostępności kwasów: dokozaheksaenowego (DHA) i arachidonowego (ARA). Wielkość mózgu jest zależna od dostępności zwierząt do EFA, a nie do białka. Rozwój mózgu w zależ-

ności od żywienia w czasie krytycznym dla tego rozwoju sugeruje jednoznacznie, że jeżeli rozwój mózgu we właściwym czasie wzrostu jest opóźniony, to taki deficyt rozwojowy pozostaje przeważnie na całe życie: prawie nie istnieje możliwość nadgonienia wzrostu ani też jego naprawy w okresie późniejszym (Crawford 1992; Innis 2008; Kochman and Czauderna 2010).

Ewolucja *homo sapiens*

Ssaki morskie mają względnie dużą pojemność mózgu. Dobrym przykładem jest delfin, który posiada mózg stanowiący 1% masy całego ciała, w czym zbliża się nieco do człowieka i kilka razy przewyższa szympansa, ale należy podkreślić, że posiada on dostęp do pokarmu zawierającego duże ilości DHA. Chociaż mózg delfina jest odmiennie ukształtowany od mózgu człowieka, to ten fakt jest niezwykle, fascynujący i bardzo znamieny (Crawford 1992).

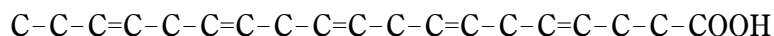
Homo sapiens znalazł i wykorzystał korzystną drogę dla swego rozwoju w czasie ewolucji i z tego powodu mógł nie tylko utrzymać raz osiągniętą pojemność swego mózgu, lecz także stale ją powiększać, głównie dzięki zapewnieniu sobie pokarmu zawierającego egzogenne kwasy tłuszczowe (EFA), a także kwas arachidonowy (ARA) i kwas dokozaheksaenowy (DHA).

Postępująca ewolucja wyłoniła wśród organizmów żywych na naszej planecie *homo erectus* przed 1,7 mln lat. Jego pokarm, jak również pokarm naszego przodka z okresu paleolitu (40 tys. lat temu), składał się z ryb, mięsa dzikich zwierząt, ze zrównoważonej ilości kwasów omega-3 i omega-6 w stosunku do siebie, bardzo małych ilości nasyconych kwasów tłuszczowych, znikomych ilości kwasów w konformacji *trans* oraz spożywał również pokarm z zielonych części dzikich roślin (z zielonymi liśćmi), w których była duża zawartość witaminy E, witaminy C i innych ważnych dla organizmu antyoksydantów. W tamtym okresie ukształtował się prawie ostatecznie profil genetyczny człowieka (Simopoulos 1999).

Ewolucja pojemności mózgu z 450 ml, jaka jest u szympansa, do 1300-1600 ml, jaka jest u człowieka, dowodzi, że mózg człowieka ewoluował w sposób zdecydowanie szybszy i sprawniejszy, niż wynika to ze wzrostu liniowego. Przyczyną istnienia takiego dużego mózgu człowieka może być większa możliwość dostarczania właściwych substancji odżywczych ważnych dla budowy jego struktury, a szczególnie kwasów EFA, albo bezpośredniego spożycia DHA i ARA. Człowiek wyewoluował się na pograniczu ląd-woda i to dało mu szansę na taki rozwój mózgu, który skutecznie nadążał za zwiększeniem się rozmiarów ciała. Jedynie w środowisku wodnym albo na pograniczu ląd-woda, z możliwością dostępności i bezpośredniego wykorzystania składników pokarmowych z wody, takich jak kluczowy kwas tłuszczowy DHA, jest możliwe, aby objętość mózgu utrzymywała się na tak wysokim poziomie (Crawford and Marsh 1989; Crawford 1992).

Przesłanki wpływające z wielu faktów ewolucyjnych, które miały miejsce w przeszłości, dotyczących ewolucji *homo sapiens*, prowadzą bezpośrednio do środowiska ląd-woda jako do ekosystemu najbardziej sprzyjającego dostarczeniu odpowiednich składników pokarmowych, krytycznie niezbędnych, aby utrzymać dużą pojemność mózgu i jego sprawne działanie. Taki wniosek połączony z faktem, że fizjologia człowieka jest zgodna z fizjologią zwierząt żyjących w środowisku wodnym oraz z dość dużym mózgiem ssaków morskich, wzmacnia argument postulujący prosty mechanizm biochemiczny tłumaczący dość dobrze siłę zmian ewolucyjnych: wspomaganie rozwoju ewolucyjnego przez właściwe rozwojowi składniki pokarmowe. Reinterpretacja procesu ewolucji, po uwzględnieniu wszystkich zdarzeń i poznanych faktów ewolucyjnych, została sformułowana w 1989 roku przez Crawforda (Crawford and Marsh 1989). Dotychczasowa teoria ewolucji, podkreślająca zasadniczą rolę przypadkowych mutacji i walki o byt, okazała się niespójna z takimi faktami, jak udowodnionym długim okresem fotosyntezy, uwolnieniem się tlenu cząsteczkowego i nagłym pojawieniem się zwierząt. Nowa teoria proponuje, że pochodzenie życia i rozwój wszystkich jego form było kontrolowane przez chemię i fizykę, odpowiadającym istniejącym warunkom w środowisku. Teoria ta w zastosowaniu do ewolucji proponuje siłę predykcyjną, której brakuje w teorii selekcji. Nowa teoria bierze również pod uwagę powszechne recesyjne i negatywne kierunki ewolucji, które nie mogą być wyjaśnione przez pozytywną selekcję. Nowa teoria zakłada, że pozytywna selekcja zachodzi, lecz uważa równocześnie, że bardziej mocną i sprawczą siłą jest determinacja chemicznych i fizycznych warunków (Crawford and Marsh 1989; Crawford 1992; Simopoulos 1999; Kochman and Lach 2011).

Jest sprawą zadziwiającą i niezwykłą, że DHA jest głównym składnikiem obecnie występujących receptorów w systemie transmisji nerwowej, od której zależy funkcja mózgu. Struktura pierwszorzędowa DHA (22:6 ω-3) jest następująca:



Należy podkreślić, że jest to niezwykła molekula, której pojawienie się w czasie ewolucji umożliwiło rozwój podstawowych funkcji biologicznych organizmów zwierząt i człowieka, jest to molekula odpowiedzialna za naszą inteligencję.

Literatura

- Crawford M.A. (1992). *The role of dietary fatty acids in biology: Their place in the evolution of the human brain*. „Nutrition Reviews” 50: 3- 11.
- Crawford M.A., Marsh D.E. (1989). *The driving force*, London: Heinemann 1989.
- Innis S.M. (2008). *Dietary omega 3 fatty acids and the developing brain. Review*, „Brain Research” 1237: 35-43.
- Kochman K. (2010). *Kwasy w formie cis*. „Academia” 3(23): 35-37.

- Kochman K., Czauderna M. (2010). *The necessity of adequate nutrition with diets containing omega-3 and omega-6 fatty acids for proper brain development, function and delayed aging: Review.* „J. Animal Feed. Sci.” 19: 511-524.
- Kochman K., Lach H. (2011). 20th International Symposium: „Molecular and Physiological Aspects of Regulatory processes of the Organism”. Cracow, June 9-10. 2011, Book of Abstracts, s. 101-103.
- Simopoulos A.P. (1999). *Evolutionary aspects of omega-3 fatty acids in the food supply. Prostaglandins, Leukot., „Essent. Fat. Acids”* 60: 421-429.

Crawford's new predictive theory of evolution

M.A. Crawford reinterpreted the existing theory of evolution, which considers the important role of the natural selection and accidental mutations in evolution, and suggested that the development of life and subsequent evolution of living organisms was determined by the availability of proper substances to build the organisms, in the environment. The driving force of evolution is the determination of physical and chemical conditions present in the environment. They are the predictive force of evolution.

Key words: evolution, predictive theory of evolution, omega-3 and omega-6 fatty acids, DHA, ARA, M.A. Crawford

