

Anna Siniarska

*Ewolucja mózgu a sprawność psychomotoryczna
i budowa ciała na podstawie ankietowych badań
żywnościowych*

Budowa fizyczna człowieka na ziemiach polskich wczoraj i dziś,
pod redakcją Michała Kopczyńskiego i Anny Siniarskiej,
Muzeum Historii Polski, Warszawa 2017, s. 161-179.

ANNA SINIARSKA

Zakład Biologii Człowieka, Wydział Biologii i Nauk o Środowisku,
Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie

Ewolucja mózgu a sprawność psychomotoryczna i budowa ciała na podstawie ankietowych badań żywnościowych

WYDARZENIA WYPRZEDZAJĄCE
EWOLUCJĘ MÓZGU *HOMO SAPIENS*

Przyjmuje się istnienie czterech głównych wydarzeń wyprzedzających oraz związanych z powstaniem życia na Ziemi, które drastycznie zmieniały warunki środowiskowe. Są to (pomijając ciągle dyskutowane mechanizmy ich pojawienia się): 1) powstanie systemu słonecznego; 2) powstanie życia, którego początkiem były beztlenowe jednokomórkowce istniejące 2,5 mld lat temu; 3) pojawienie się organizmów wielokomórkowych dzięki obecności tlenu (około 600 mln lat temu), co zapoczątkowało fotosyntezę i fotolizę wody oraz umożliwiło termodynamiczny metabolizm oksydacyjny¹; 4) zagłada dinozaurów (66 mln lat temu) oraz ewolucja ssaków i roślin kwiatowych.

Najnowsze badania wskazują, że to nie liczba zmian genetycznych i selekcja naturalna miały na tyle siły, aby zmienić formy życia po pierwszych 2,5 mld lat istnienia życia na Ziemi, lecz uczyniły to zmieniające się warunki środowiskowe (egzystencji). Mamy więc do czynienia z ekologią człowieka, a mianowicie – ze zmianami epigenetycznymi, które są jej podstawą (Henneberg *et al.* 2014).

1 Tlen spowodował zmianę charakteru atmosfery z redukującej na utleniającą. Utleniająca atmosfera potrzebowała wody, światła i dwutlenku węgla, co spowodowało rozwój organizmów heterotroficznych oddychających tlenowo.

Eksplozja kambryjska, lub biologiczny Big Bang, to realne wydarzenie w historii życia, polegające na pojawieniu się w zapisie kopalnym ogromnej liczby różnych form zwierzęcych organizmów wielokomórkowych w warstwach geologicznych w okresie pomiędzy 542 i 510 mln lat temu, na początku okresu kambru, wyznaczające początek ery paleozoicznej, a zarazem – fanerozoiku (Matz *et al.* 2008).

Uważa się, że prowodyrem eksplozji kambryjskiej były tłuszcze. Te substancje są odporne na działanie takich elementów środowiska jak ciśnienie i temperatura. Znaczenie tłuszczów jest szczególne, gdyż formują one błonę komórkową (membranę komórek) i wewnątrzkomórkową segmentację. Odegrały one także wielką rolę w powstaniu metabolizmu oksydacyjnego. W membranach mieszczą się transportery, kanały jonowe, systemy sygnalizacji i rozpoznawania komórek. Tłuszcze umożliwiły podział wewnątrzkomórkowy, różnicowanie się komórek, a następnie – wielokomórkową specjalizację. Najprawdopodobniej pełniły również ważną funkcję w późniejszych procesach ewolucyjnych, gdy zaistniały istotne zmiany środowiskowe (Kochman 2011, Crawford *et al.* 2013 i 2014).

Być może na podobną skalę są niedoceniane zmiany spowodowane sposobem żywienia się w ciągu ewolucji rodzaju *Homo*.

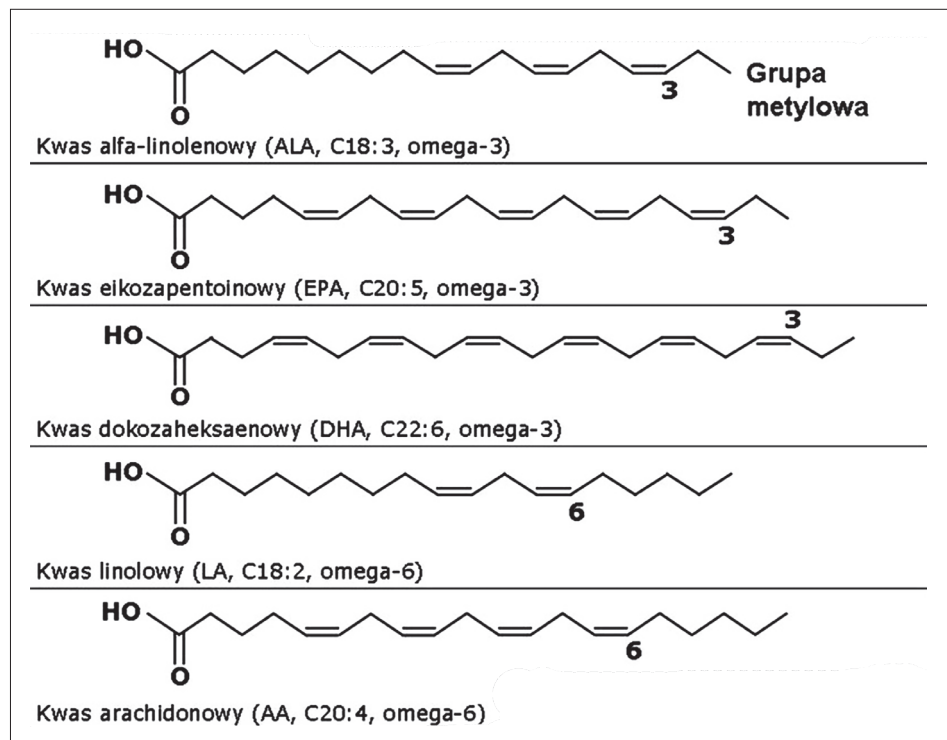
POJAWIENIE SIĘ NIENASYCONYCH KWASÓW TŁUSZCZOWYCH

Aminokwasy mogły być syntetyzowane już ponad 4 mld lat temu, ale tylko metabolizm oksydacyjny pozwala na syntezę wysoce nienasyconych kwasów tłuszczowych. Kwas dokozaheksaenowy (DHA) dostarczył podstawowy trzon błony nowych fotoreceptorów, które zmieniały fotony w energię elektryczną, co dało podwaliny pod rozwój układu nerwowego i mózgu. Przez 600 mln lat ewolucji zwierząt DHA jest dominującym kwasem tłuszczowym w fosfoglicerydach błon fotoreceptorów neuronów i synaps. Przez cały ten czas DHA nie został zastąpiony żadnym innym kwasem tłuszczowym mimo wielu zmian genomu.

Badacze zajmujący się pochodzeniem DHA i jego zachowaniem w czasie ewolucji uważają, że ten kwas jest jednym z tzw. warunków istnienia, co oznacza, że DHA pełni funkcję przewodzącą od początku ewolucji zwierząt. Należy przez to rozumieć, że produkcja białek jest zgodna z potrzebami DHA.

Można więc za badaczami ewolucji mózgu powiedzieć, że to „egoistyczne” DHA, a nie – DNA, kierowało ewolucją mózgu (Crawford *et al.* 2008).

Najważniejsze wielonienasycone kwasy tłuszczowe i ich podstawową budowę przedstawiono na rycinie 1. Organizm człowieka nie może ich samodzielnie wytworzyć – dlatego muszą być one dostarczane wraz z pożywieniem.



RYCINA 1.

Najważniejsze wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3 i omega-6

Początek łańcucha stanowi grupa karboksylowa, a koniec – grupa metylowa. Pierwsze cyfry za symbolem atomu węgla oznaczają liczbę jego atomów. Kolejna cyfra to liczba podwójnych wiązań, podczas gdy cyfra 3 lub 6 za słowem „omega” oznacza miejsce atomu węgla z podwójnym wiązaniem liczone od końca łańcucha (grupy metylowej).

Metabolitem kwasu linolowego (LA – ω-6) jest kwas gamma-linolowy (GLA) – prekursor kwasu arachidonowego (AA). Kwas arachidonowy m.in. stanowi budulec dla fosfolipidów błon komórkowych.

W wątrobie zachodzi przejście ALA (ω-3), kwasu dostarczanego w pożywieniu lądowym, w jego metabolity: EPA i DHA. Łączą się one z albuminami lub lipoproteinami i przedostają się do krwiobiegu. Stamtąd przenikają do mózgu przez system białek transportowych lub przez dyfuzję (Cupp *et al.* 2004).

Okazuje się, że u gryzoni przy prawidłowym funkcjonowaniu enzymów syntetyzujących długołańcuchowe wielonienasycone kwasy tłuszczowe

i przy prawidłowej ilości ALA w diecie synteza wątrobowa zapewnia wystarczającą ilość DHA na potrzeby mózgu. Jednak u ludzi badania przejścia ALA do DHA oraz tempa β -oksydacji wskazują, że wątrobowa synteza DHA nie jest dostateczna dla utrzymania prawidłowej ilości tego kwasu tłuszczowego w mózgu dorosłego człowieka (Brenna 2002, Hussein *et al.* 2005 – za: Walczewska *et al.* 2011). Wynika stąd konieczność dostarczania DHA z dietą, pochodzącą głównie z wodnej sieci pokarmowej.

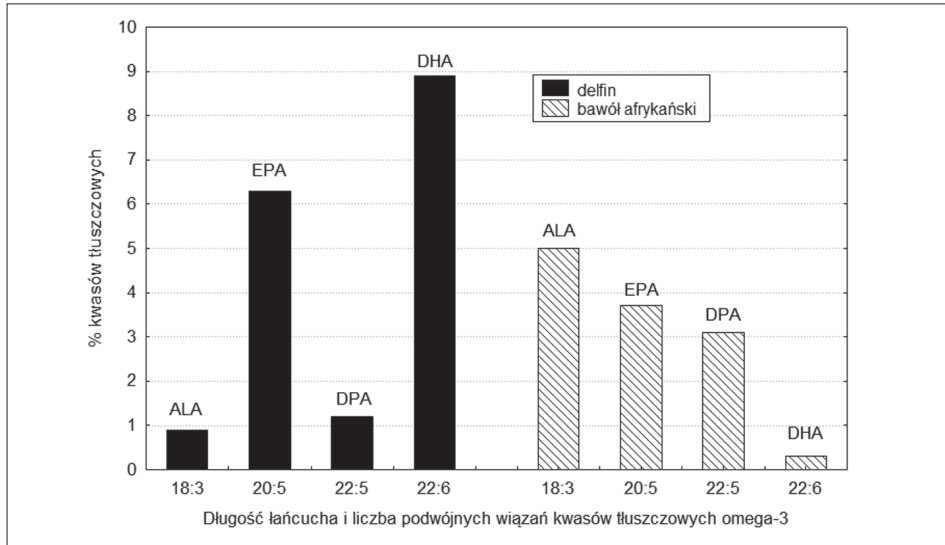
Istnieje także rywalizacja między kwasami tłuszczowymi ω -3 i ω -6, a ich bilans jest bardzo ważny dla rozwoju mózgu (Simopoulos 2016). Przedstawia to tabela 1.

TABELA 1.
Najważniejsze kwasy wielonienasycone omega-6 i omega-3,
źródła ich pochodzenia i proporcja w diecie

Wielonienasycone kwasy tłuszczowe	Źródła omega-3 i omega-6
omega-6	
LA kwas linolowy (18:2 n-6)	oleje roślinne (kukurydziany, szafranowy, słonecznikowy, sojowy), mięso zwierzęce
AA kwas arachidonowy (20:4 n-6)	tylko źródło zwierzęce (mięso, jaja)
omega-3	
ALA kwas alfa-linolenowy (18:3 n-3)	siemię lniane, olej rzepakowy, orzechy włoskie, jaja od kur karmionych paszami wzbogaconymi o kwasy omega-3
EPA kwas eikozapentoinowy (20:5 n-3)	ryby, olej rybny, owoce morza
DHA kwas dokozaheksaenowy (22:6 n-3)	ryby, olej rybny, jaja od kur karmionych nasionami lnu, olejem rybnym i algami, produkty mleczne od krów karmionych trawą
proporcja omega-6 : omega-3	powinna być: 1–2 : 1, maks. 3 : 1 jest: 15–20 : 1

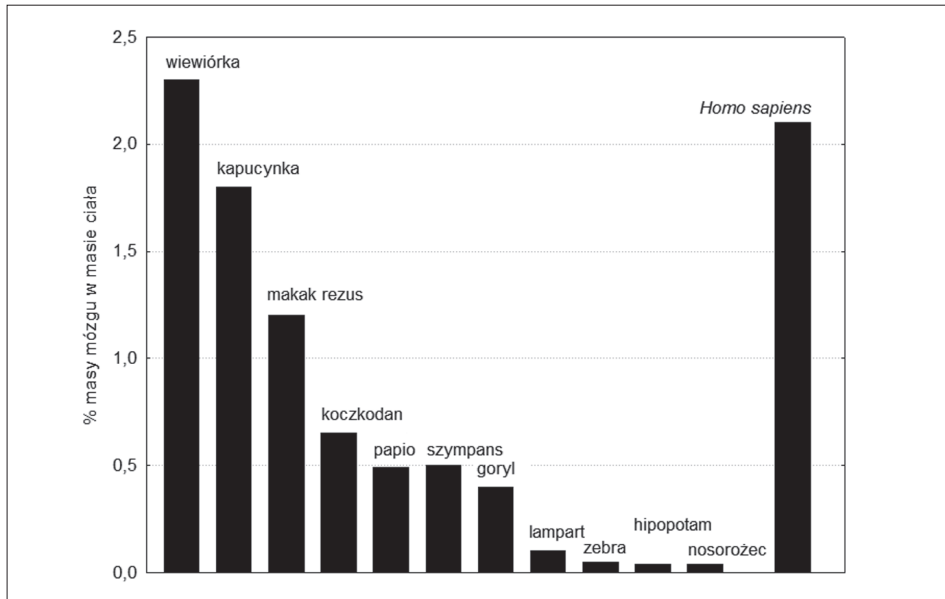
EWOLUCJA NA LĄDACH I W MORZACH

Około 50 mln lat temu niektóre ssaki opuściły ląd, ponieważ wybrały morski habitat. Dzięki nielimitowanemu dostępowi do DHA sieci morskiej uzyskały dużo lepszą proporcję wielkości mózgu do masy ciała niż duże ssaki lądowe. Mózg delfina waży 1,8 kg, gdy u zebry jest to około 350 g przy podobnej masie ciała. Na rycinie 2 ukazano zawartość czterech nienasyconych kwasów tłuszczowych uzyskanych z wyciągu wątrobowego delfina i bawołu afrykańskiego. Na uwagę zasługuje duża zawartość DHA u delfina w porównaniu z bawołem.



RYCINA 2.
Wątrobowa fosfoglicerydowa etanolamina
u *Syncerus caffer* (bawół afrykański) i *Tursiops truncatus* (delfin)
 (dane za: Crawford et al. 2008)

Ewolucja na lądzie doprowadziła do relatywnego zmniejszenia wielkości mózgu, co daje się wytłumaczyć brakiem DHA w lądowym pożywieniu. Rycina 3 ukazuje – na przykładzie zwierząt lądowych różniących się znacznie wielkością mózgu i masą ciała – że proporcja masy mózgu do masy ciała maleje wraz ze wzrostem tej drugiej.



RYCINA 3.
Zmniejszanie się przybliżonej wagi mózgu w proporcji
do masy ciała wraz ze wzrostem masy ciała (dane za: Crawford et al. 2008)

Nasuwa się więc pytanie, dlaczego dalsza ewolucja mózgu nie miała miejsca w habitacie morskim. Okazuje się, że drugim składnikiem niezbędnym do prawidłowego funkcjonowania mózgu jest kwas arachidonowy (AA) z rodziny omega-6, dostępny głównie w żywności lądowej. Z tych dwóch kwasów tłuszczowych DHA jest najtrudniejszy do syntezy oraz trudny do pozyskania bez morskiej żywności. Problemem ssaków morskich jest dostęp do kwasu arachidonowego (AA), co było powodem ograniczenia ewolucji mózgu w tym środowisku. Jest to zarazem dowodem na ewolucję *Homo sapiens* w morskiej i jeziornej linii brzegowej z dostępem do DHA z zasobów wodnych. Ewolucja człowieka raczej w linii brzegowej niż oparta na lądowym systemie polowań jest dobrze wyjaśniona przez obecność kwasów tłuszczowych omega-3 i zwłaszcza DHA w ekspresji genów związanych z mózgiem (Crawford *et al.* 2014).

ŚRODOWISKO CZŁOWIEKA PALEOLITYCZNEGO I WCZESNE MIGRACJE

Znalezione szczątki kostne *Homo*, jak również stanowiska archeologiczne, które znajdują się w afrykańskiej dolinie ryftowej, to ewidentne i bezsporne obszary przybrzeżne przepełnione potencjalnymi zasobami wodnej żywności. Środowisko człowieka paleolitycznego to wybrzeże morskie, rzeczne i jeziorne. Wielu badaczy podkreśla, że współczesne zachowania człowieka ukształtowały się w Afryce, a nie – w Europie. Afrykański *Homo sapiens* datowany jest na w przybliżeniu 200 tys. lat temu.

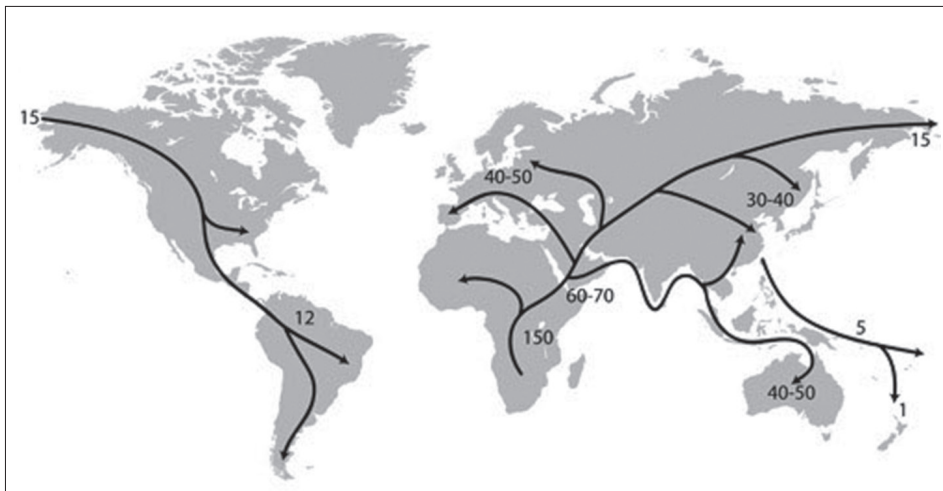
Najwcześniejsze dowody na ludzkie zachowania symboliczne pochodzą z badań archeologicznych ludzi z afrykańskiej środkowej epoki kamiennej. Przybrzeżne jaskinie południowoafrykańskie były wypełnione szczątkami muszli, ryb, kośćmi i szczątkami ptaków (w tym – kormoranów i pingwinów) oraz ssaków morskich (np. fok i wielorybów). Tattersall (2008, 2009) uważa, że „stawanie się człowiekiem” miało dwa stadia. Pierwszym była budowa ciała *Homo sapiens* (morfologia), która ukształtowała się w Afryce około 200 tys. lat temu, drugim była symbolika behawioralna (zachowania symboliczne), która pojawiła się również w Afryce, około 75–100 tys. lat temu. Wynika z tego, że podłoże mózgowia (neutralne) istniało jako część anatomiczna, ale dopiero zachowania symboliczne pozwoliły na jego wykorzystanie. Nie obserwuje się więc widocznych zmian w budowie anatomicznej warunkującej posturę ciała, a zmiany, które się pojawiły, są niewidoczne, gdyż dotyczą rozwoju mózgu, zwłaszcza – kory czołowej.

Ze stanowiskami w południowej Afryce związane są jedne z najstarszych szczątków człowieka współczesnego (Singer, Wymer 1982, Deacon, Deacon

1999, Rightmire, Deacon 2001, Schwartz, Tattersall 2005, Rightmire *et al.* 2006). W jednej z jaskiń (Blombos) znaleziono kości grawerowane i pokryte ochrą, podczas gdy w Europie znaleziska o podobnym charakterze pojawiły się dopiero 40 tys. lat temu. W jaskiniach w Pinnacle Point znaleziono kamienne ostrza, które w Europie spotyka się w późnej epoce kamiennej. Oznacza to, że ci ludzie potrafili również stosować obróbkę ogniową, utwardzającą produkowane ostrza kamienne. We wsi Katanda w linii brzegowej jeziora Kongo znaleziono wczesne harpuny robione z kości ryb (około 100 tys. lat temu).

Z powyższych dowodów wynika, że jeśli ludność ma dostęp do DHA, jodu, cynku i selenu w pożywieniu przez cały rok i to samo powtarza się przez kolejne pokolenia, to należy oczekiwać wpływu tego zjawiska na ekspresję genów. Skutkiem tego jest zwiększenie liczebności populacji, polepszenie jej stanu zdrowia i zdolności poznawczych, co skutkuje większym zaawansowaniem technologicznym (Crawford *et al.* 2014).

Przyjmuje się, że współczesny człowiek opuścił Afrykę około 50–60 tys. lat temu, aby zaludnić cały świat. Wielu badaczy uważa, że *Homo sapiens* zaludnił naszą planetę w wyniku migracji z Afryki wzdłuż wybrzeży, co oznacza korzystanie z morskiego łańcucha pokarmowego. Na rycinie 4 zobrazowano kierunki wczesnej migracji około 60 tys. lat temu przez cieśninę Bab al-Mandab pomiędzy Afryką a Półwyspem Arabskim oraz znacznie później (40 tys. lat temu), gdy część *Homo* wkroczyła do Europy i Azji, poruszając się w kierunku północnym wzdłuż dorzecza Nilu i korytarzem lewantyńskim przez wschodnie, azjatyckie wybrzeże Morza Śródziemnego.



RYCINA 4.

Wczesne migracje *Homo sapiens* (za: Gluckman *et al.* 2009)

TŁO HISTORYCZNE I WSPÓŁCZESNOŚĆ

Jeśli przyjmiemy, że ryba jest symbolem morskiego łańcucha pokarmowego, a chleb – symbolem jego lądowego odpowiednika, to są to podstawowe składniki pokarmu niezbędnego dla prawidłowego rozwoju mózgu człowieka. Chrześcijanie przejęli symbolikę ryby od ludów starożytnych, ale poszerzyli jej znaczenie. Ryba w chrześcijaństwie ma kilka znaczeń, lecz dla niniejszych rozważań najważniejsze jest jej znaczenie jako Eucharystii, czyli świętego pokarmu chrześcijan. Już na malowidłach w katakumbach ryba była symbolem Eucharystii. Do IX wieku na wszystkich przedstawieniach Ostatniej Wieczerzy ryba znajdowała się obok chleba i kielicha. W ciągu ostatnich 10 lat można zaobserwować renesans znaku *ichthys* (w języku starogreckim znaczy „ryba”) i to wśród wielu wyznań, w tym – coraz częściej wśród katolików. Ryba jest dla nich znakiem życia.

Jeszcze w XVIII wieku obfitość oceanów była brana za pewnik, ale ludzie wciąż zajmowali się łowiectwem i zbieractwem, pomimo że ta technika, na pewnych obszarach, została zabroniona 10 tys. lat przed Chrystusem.

Badania średniowiecznych populacji szkieletowych z Gdańska oraz średniowiecznych i nowożytnych populacji zlokalizowanych w głębi Polski i Niemiec wskazują na mniejszy odsetek występowania *cribra orbitalia* (przerost porowaty stropu oczodołu, spowodowany m.in. niedoborami żywieniowymi) w populacji nadmorskiej niż w populacjach w głębi lądu. Dotyczy to dzieci i młodzieży oraz osobników dorosłych. Być może ma na to wpływ dieta oparta na zasobach morskich (Pudło 2016).

Akcja książki Aleksandra Dumasa *Hrabia Monte Christo* rozgrywa się w 1838 roku. Miejscem akcji są: wyspa Monte Christo, Marsylia, Paryż i Rzym oraz inne miejscowości we Francji i Włoszech. Czym żywili się żyjący tam wówczas ludzie? Jaką dietą szczylicili się najzamożniejsi tamtych czasów? Z przyjęcia pod Paryżem, w którym uczestniczyła śmietanka tego miasta, dowiadujemy się, że największym luksusem były dwie wyjątkowe ryby: sterlet (czeczuga – gatunek słodkowodnej, wędrownej ryby z rodziny jesiotrowatych) i lampreda (pasożytniczy gatunek bezzuchwowca z rodziny minogowatych). Książka podaje, że sterlet wyłowiony został 50 mil od Petersburga, natomiast lampreda – pięć mil od Neapolu.

Jeszcze 100 lat temu w pubach angielskich ostrygi były dodawane gratisowo do zakupionego piwa. W Maryland zebrano 616 tys. ton ostryg w roku 1889, podczas gdy w roku 2002 – już tylko 12 tys. ton. Muszle ostryg, które zawierają głównie węglan wapnia, w roku 1889 usunęły z atmosfery 270 tys. ton CO₂. Obecnie w Szkocji owsianka i śledzie zostały zastąpione przekąskami zawierającymi kwas linolowy (Crawford *et al.* 2014). W Meksyku do

dziś do zakupionego piwa czy głównego dania podaje się jako przystawki (*tapas*) owoce morza.

Badania wskazują, że działania człowieka wpływają na zasoby morskie co najmniej od czasów rzymskich; proces ten pogłębił się znacznie w XIX i XX wieku. Obecnie 98% naturalnych zasobów morskich jest wyczerpanych do mniej niż 50%. Badania 37% gatunków rzadkich i 11% gatunków bliskich wyćpienia wskazują, że różnorodność przesunęła się w kierunku mniejszych, niższych gatunków szczebla troficznego. Gatunki zapewniające funkcje siedlisk zostały zmniejszone o 75%, co przyczyniło się do pogorszenia jakości wody oraz spowodowało zwiększoną eutrofizację (gromadzenie się materii organicznej). Intensywniejsze wykorzystanie i wymieranie zasobów morskich pociągnęło za sobą uproszczenie struktury żywieniowej, zwłaszcza przez zmianę proporcji głównych drapieżników, konsumentów pośrednich i gatunków podstawowych. Symulacje strat gatunków wskazują, że dzisiaj ekosystemy mogą być mniej podatne na wymieranie gatunków niż w przeszłości. Skutki oddziaływania człowieka na morski łańcuch pokarmowy i morski ekosystem są więc długoterminowe i dalekosiężne (Lotze *et al.* 2010).

Zmiany w składzie diety od XIX do XXI wieku polegają na zmniejszeniu użycia morskiej żywności i na nadmiernym użyciu lądowej żywności. Uważa się, że jest to główną przyczyną wzrostu częstości zaburzeń mózgowych, w tym – złego stanu zdrowia psychicznego i innych zaburzeń psychicznych.

Od początku XX wieku obserwuje się również zwiększanie się wysokości ciała o około 1 cm na dekadę oraz większą zapadalność na choroby sercowo-naczyniowe (kiedyś bardzo rzadkie), które stały się głównym powodem zgonów w latach siedemdziesiątych XX wieku (Crawford *et al.* 2008, 2014). Natomiast poważnym problemem pierwszej dekady XXI wieku stała się nadwaga i otyłość (Simopoulos 2016). Wynika więc z tego, że w ciągu jednego stulecia w pewnych niszach geograficznych i społeczno-bytowych zmieniają się wysokość ciała oraz rodzaj i przebieg pewnych chorób u *Homo sapiens*.

Należy tu zaznaczyć – podobnie jak w pierwszej części niniejszych rozważań – że to zjawisko nie jest spowodowane zmianą w genomie czy dobo-rem naturalnym. Są to przykłady reakcji organizmu człowieka na warunki egzystencji, które mieszczą się w ramach uwarunkowań będących przedmiotem zainteresowania ekologii człowieka.

DHA A FUNKCJONOWANIE ORGANIZMU CZŁOWIEKA

DHA jest kluczowym kwasem tłuszczowym w fosfolipidach neuronów i odgrywa główną rolę w rozwoju układu nerwowego w czasie rozwoju

prenatalnego i w pierwszych dwóch lat życia postnatalnego (Marciniak-Lukasik 2011).

DHA:

- chroni tkankę mózgu przed stanami zapalnymi – dokonuje tego poprzez promowanie rozwoju cząsteczek przeciwzapalnych, jednocześnie tłumiąc cząsteczki prozapalne w membranach komórek mózgu;
- chroni przed procesami utlenienia i innymi obciążeniami spowodowanymi wiekiem tkanki mózgowej;
- stymuluje zmiany fizyczne, leżące u podstaw uczenia się i pamięci;
- promuje przekształcanie neurytów: małe, kameralne projekcje, które tworzą połączenia między komórkami w czasie tworzenia wspomnień;
- sprzyja szybkiej transdukcji sygnału w obrębie synaps i pomaga utrzymać płynność błon: warunek wymagany do szybkich zmian w kształcie i funkcji, które rozpoznajemy jako pamięć;
- wspomaga gojenie po kontuzji tkanki mózgowej – natychmiast po takiej kontuzji błony komórkowe uwalniają DHA w ogromnej ilości do przekształcania związków zwanych protektorami;
- jest sprawdzoną odżywczą ochroną mózgu, która zapewnia także wiele korzyści układowi sercowo-naczyniowemu.

Najnowsze badania pokazują, że działanie DHA jest szczególnie korzystne, gdyż zmniejsza skutki utraty pamięci, która towarzyszy starzeniu się (Crawford *et al.* 2014, Domagała *et al.* 2014).

PROBLEMY ZDROWOTNE ZWIĄZANE Z OBNIŻENIEM SPOŻYCIA KWASÓW OMEGA-3

Serce i układ sercowo-naczyniowy (USN) to pierwszy kompletny układ powstający w rozwoju embrionalnym. Pełni on ważną funkcję w organogenezie w czasie rozwoju płodowego. Rozwój mózgu, konsumujący 70% energii wysyłanej do płodu z organizmu matki w ostatnim trymestrze ciąży, zależy od stanu USN. Zatem choroby sercowo-naczyniowe siłą rzeczy skutkują zaburzeniami pracy mózgu.

Zmiany w żywieniu po II wojnie światowej spowodowały spożywanie nadmiaru kwasu linolowego, pochodzącego głównie z soi, zbóż i ziaren. W tym nadmiarze kwasów omega-6 kwasy omega-3 są po prostu „zamulane”. Do tego doszła hydrogenacja (uwodornienie) tłuszczów rybnych i roślinnych w celu utworzenia tłuszczów do smażenia i margaryn oraz selekcja zwierząt hodowlanych, mająca na celu uzyskanie odpowiednio wysokiej ich wagi i dostarczenia wysokoenergetycznego pożywienia człowiekowi. Nowe warunki żywieniowe

spowodowały wzrost częstości chorób układu sercowo-naczyniowego. Wynikiem tego był, począwszy od lat siedemdziesiątych XX wieku, wzrost umieralności z powodu chorób serca, związany ze spożyciem tzw. złych tłuszczów.

Nieodzowność nienasyconych kwasów tłuszczowych omega-3 dla rozwoju mózgu, zwłaszcza we wczesnej fazie rozwoju, była znana FAO-WHO już w roku 1978. Naukowcy podkreślali, że mózg składa się z tzw. dobrych tłuszczów i jeśli nie zapobiegnie się dostarczaniu „złych tłuszczów” w diecie, to ten organ stanie się następnym zaatakowanym układem. Przypomnijmy, że mózg ewoluował w środowisku morskim: wykorzystywał żywność morską, a DHA był kluczowy dla istnienia i funkcjonowania systemu nerwowego, więc nasz system nerwowy nadal go potrzebuje. Niestety, nic nie zrobiono w tej sprawie, a wręcz przeciwnie – niekorzystna proporcja kwasów omega-3 do omega-6 jeszcze się zwiększyła.

Brak tłuszczów morskich wiąże się z możliwością wystąpienia choroby Alzheimera, depresji maniakalnej oraz innych chorób psychicznych. Obecnie leczenie zaburzeń mózgowych generuje ogromne koszty (największe w Europie). Tylko w Wielkiej Brytanii w roku 2007 ten koszt wyniósł 77 mld funtów, a w roku 2010 – 155 mld funtów, czyli więcej niż choroby serca i nowotwory razem wzięte (Crawford *et al.* 2014).

BADANIA WŁASNE

Wpływ nawyków żywieniowych na budowę ciała i sprawność fizyczną młodzieży i osobników dorosłych był m.in. oceniany w czasie naszych badań w Meksyku i w Polsce.

W Meksyku badania były prowadzone w stanie Jukatan w latach 1994–1995 i obejmowały rybaków z Progreso (miasto portowe przy Zatoce Meksykańskiej) oraz pracowników fizycznych z Meridy (stolica stanu Jukatan). Finansowane były w ramach meksykańskiego grantu (CONACYT no 1325–2906), dotyczącego procesów starzenia. Zbadano 242 rybaków i 345 pracowników fizycznych różnych fabryk zlokalizowanych na terenie Meridy. Starsi osobnicy byli badani w swoich domach lub w przytułkach, gdzie znajdowali się również ludzie bezdomni.

Zastosowano kwestionariusz żywieniowy, który obejmował liczbę posiłków dziennie i konsumpcję dzienną: liczbę kromek chleba (lub bułki), placków kukurydzianych i butelek napojów; konsumpcję tygodniową: liczbę ziemniaków, warzyw, owoców, porcji fasoli, sera, ryżu, filiżanek kawy, mleka, czekolady, butelek oleju, piwa, porcji słodyczy; konsumpcję miesięczną: liczbę porcji ryb, owoców morza i mięsa.

Zmierzono wysokość i masę ciała oraz cztery cechy sprawnościowe: siłę mięśniową, gibkość kręgosłupa, wyskok dosiężny i szybkość reakcji (z użyciem linijki *Quickstick*). Linijka ta ma dziesięciostopniową skalę. Kiedy badający ją upuszcza, badany musi ją jak najszybciej uchwycić. Wcześniejsze uchwycenie linijki (krótszy czas reakcji) przekłada się na mniejszą liczbę punktów oznaczonych na skali.

Zastosowano analizę głównych składowych i zredukowano liczbę produktów żywieniowych do ośmiu czynników (tab. 2). Następnie zastosowano analizę regresji liniowej w celu oceny związku cech budowy ciała i sprawności fizycznej z czynnikami żywieniowymi (tab. 3).

TABELA 2.
Matryca rotowanych czynników. Wynik analizy głównych składowych uwzględniający 18 produktów żywieniowych i liczbę dziennych posiłków

Produkty żywieniowe	Czynnik 1	Czynnik 2	Czynnik 3	Czynnik 4	Czynnik 5	Czynnik 6	Czynnik 7	Czynnik 8
warzywa	0,705	-0,071	-0,059	0,175	0,034	0,044	0,111	-0,007
olej	0,632	0,223	-0,013	-0,233	-0,148	-0,064	-0,100	-0,061
napoje	0,540	0,014	0,355	-0,037	0,256	-0,111	-0,089	0,102
owoce morza	0,091	0,772	0,023	0,092	0,117	0,001	-0,019	0,040
ryby	-0,011	0,769	0,078	-0,260	0,020	0,086	0,044	0,065
placki kukurydziane	0,101	0,017	0,685	-0,047	-0,313	0,201	-0,017	0,039
główne posiłki (liczba)	-0,020	0,098	0,604	0,139	0,300	-0,111	0,061	0,070
owoce	-0,032	-0,125	0,074	0,597	0,246	0,166	0,013	0,013
ziemniaki	0,445	0,021	0,103	0,491	0,017	0,076	0,135	-0,004
piwo	0,029	0,159	0,302	-0,467	0,228	0,215	0,198	-0,152
mięso	0,327	-0,287	-0,154	-0,384	0,298	0,304	0,017	0,187
chleb	-0,010	-0,006	0,055	-0,069	0,700	0,097	-0,055	0,048
ser	0,059	0,138	-0,041	0,211	0,529	-0,065	0,052	-0,012
czekolada	-0,065	0,017	0,198	-0,049	-0,085	0,754	-0,015	0,109
mleko	0,047	0,114	-0,270	0,312	0,196	0,638	0,023	-0,126
fasola	-0,097	-0,016	0,210	-0,100	-0,025	-0,042	0,785	-0,100
ryż	0,191	0,042	-0,255	0,166	0,028	0,051	0,647	0,225
słodycze	0,043	-0,080	0,195	0,093	0,144	-0,035	-0,110	0,772
kawa	-0,053	0,256	-0,106	-0,073	-0,105	0,097	0,212	0,585
%WZ	10,3	8,9	7,2	6,7	6,2	6,1	5,5	5,3
Σ %WZ=	56,2							

%WZ – % wyjaśnianej zmienności

Wyniki badań wskazują, że rybacy konsumują więcej ryb i owoców morza, oleju, piwa i kawy niż pracownicy fizyczni, którzy z kolei konsumują więcej ziemniaków i owoców niż rybacy. Odnośnie do związku czynników żywieniowych z budową i funkcjonowaniem organizmu człowieka ustalono, że częstsze spożywanie ryb i owoców morza wykazuje związek z szybszą reakcją; częstsze spożywanie placków kukurydzianych (podstawa tamtejszego żywienia) i większa liczba posiłków to mniejsze BMI, większa siła mięśniowa, gibkość kręgosłupa, wyskok dosiężny oraz szybsza reakcja; częstsze spożywanie owoców i ziemniaków przy równoczesnej rzadszej konsumpcji mięsa i piwa ma wpływ na większą wysokość ciała, mniejsze BMI i większy wyskok dosiężny; częstsze spożywanie chleba i sera to większe: wysokość ciała, siła mięśniowa, gibkość kręgosłupa i wyskok dosiężny. Najważniejszym wnioskiem jest stwierdzenie, że krótszy czas reakcji u rybaków niż pracowników fizycznych wskazuje na związek z konsumpcją ryb i owoców morza (Siniarska 1999).

TABELA 3.

Wyniki analizy regresji. Zmienne niezależne – czynniki żywieniowe, zmienne zależne: wysokość ciała, BMI i cztery cechy sprawnościowe (uwzględniono tylko istotne zależności czynników i cech)

Cecha	Czynniki żywieniowe							
	F1 warzywa, olej, napoje	F2 owoce morza, ryby	F3 placki kukurydziane, liczba posiłków	F4 owoce, ziemniaki, piwo, mięso	F5 chleb, ser	F6 czekolada, mleko	F7 fasola, ryż	F8 słodcyce, kawa
wysokość ciała				T=2,181* %WZ=0,8	T=2,337* %WZ=1,0			
BMI			T=-2,702** %WZ=1,3	T=-2,381* %WZ=1,0		T=-2,181* %WZ=0,1		T=-2,545* %WZ=1,1
siła mięśniowa			T=3,447** %WZ=2,1		T=2,402* %WZ=1,0			
gibkość kręgosłupa			T=2,989** %WZ=1,6		T=3,109** %WZ=1,6			
szybkość reakcji		T=- 2,669** %WZ=1,6	T=-3,491** %WZ=2,7					
wyskok dosiężny	T=3,061** %WZ=1,8		T=7,487*** %WZ=9,8	T=2,305* %WZ=1,0	T=2,916** %WZ=1,6			

%WZ – % wyjaśnianej zmienności

Na uwagę zasługują także dwa badania dziewcząt ze szkół podstawowych, gimnazjów i liceów, przeprowadzone w 2003 roku w Warszawie i okolicach przez Zakład Biologii Człowieka Wydziału Biologii i Nauk o Środowisku UKSW.

Pierwsze badania obejmowały dziewczęta w wieku 9–14 lat z warszawskich szkół publicznych i ze szkół gminy Iłów, oddalonej o 75 km od Warszawy. Ogółem zbadano 522 dziewcząt. Liczebność dziewcząt w klasach wieku przedstawiono w tabeli 4. Ze względu na podobne wyniki materiałów ten potraktowano łącznie dla dziewcząt miejskich i wiejskich.

TABELA 4.
Liczebność badanych dziewcząt w poszczególnych klasach wieku

Wiek w latach	9	10	11	12	13	14	S
gmina Iłów (N)	21	38	50	55	38	23	225
Warszawa (N)	24	71	69	63	44	26	297
SUMA	522						

Do celów niniejszej pracy wykorzystano z części ankietowej ogólne informacje żywieniowe typu: liczba dziennych posiłków, tygodniowa częstość spożywania mięsa, ryb, jarzyn, owoców i słodczy. Z części pomiarowej pod uwagę wzięto wysokość i masę ciała, BMI, sumę dwóch fałdów skórno-tłuszczowych na ramieniu i łopacie, siłę mięśniową i szybkość reakcji (linijka *quickstick*).

Analiza głównych składowych pozwoliła na wyodrębnienie dwóch czynników (tab. 5).

TABELA 5.
Matryca rotowanych czynników. Wynik analizy głównych składowych, uwzględniający 5 produktów żywieniowych i liczbę posiłków dziennie

Zmienne	Czynnik 1	Czynnik 2
owoce (spożycie tygodniowe)	0,697	0,150
jarzyny (spożycie tygodniowe)	0,681	0,017
mięso (spożycie tygodniowe)	0,576	-0,435
słodczy (spożycie tygodniowe)	0,496	-0,004
ryby (spożycie tygodniowe)	0,260	0,691
liczba posiłków dziennie	-0,065	0,671
% wyjaśnianej zmienności (WZ)	26,65	19,01
S %WZ = 45,66		

Analiza regresji liniowej wykazała istotny związek czynnika 1 z sumą dwóch fałdów skórno-tłuszczowych i szybkością reakcji oraz czynnika 2 tylko z szybkością reakcji (tab. 6).

TABELA 6.

Wyniki analizy regresji. Zmienne niezależne – czynniki żywieniowe; zmienne zależne – wysokość i masa ciała, BMI, suma fałdów tłuszczowych, siła mięśniowa i szybkość reakcji (uwzględniono tylko istotne zależności czynników z cechami)

Cechy	Czynniki żywieniowe	
	F1 owoce, jarzyny, mięso, słodczyce	F2 ryby, liczba posiłków dziennie
wysokość ciała		
masa ciała		
BMI		
suma 2 fałdów tłuszczowych	T=2,054* %WZ=1,0	
siła mięśniowa		
szybkość reakcji	T=2,848** %WZ=1,24	T=-2,266* %WZ=1,0

WZ – wyjaśniana zmienność

Wnioski wskazują, że częstsze spożywanie owoców, jarzyn, mięsa i słodczy są istotnie związane z większym nagromadzeniem tkanki tłuszczowej i dłuższym czasem reakcji, natomiast częstsze spożywanie ryb i większa liczba dziennych posiłków wpływają na krótszy czas reakcji.

Drugie polskie badania dotyczyły 415 dziewcząt w wieku 14–19 lat uczących się w dwóch warszawskich gimnazjach na Woli i Bielanych oraz w dwóch liceach w centrum Warszawy (tab. 7).

TABELA 7.

Liczebność badanych dziewcząt w poszczególnych klasach wieku

Wiek (w latach)	14	15	16	17	18	19	S
Liczebność (N)	65	79	64	67	74	66	415

Do celów tej pracy wykorzystano takie dane żywieniowe jak: liczba dziennych posiłków, tygodniowa częstość spożywania mięsa, ryb, serów, jaj, jarzyn, owoców, słodczy i kawy. Z części pomiarowej wykorzystano: wysokość ciała, BMI, sumę dziesięciu fałdów skórno-tłuszczowych (policzek, broda, pacha, pod łopatką, ramię, dziesiąte żebro, brzuch, biodro, udo,

podudzie), szerokość barków (a-a) i bioder (ic-ic), szybkość reakcji (linijka *quickstick*), siłę mięśniową ręki dominującej. Dodatkowo wzięto pod uwagę trójstopniową samoocenę stanu zdrowia (zły, średni, dobry).

Analiza głównych składowych pozwoliła na wyodrębnienie trzech czynników (tab. 8).

TABELA 8.

Matryca rotowanych czynników. Wynik analizy głównych składowych uwzględniający 9 produktów żywieniowych i liczbę posiłków dziennie

Zmienne żywieniowe	Czynnik 1	Czynnik 2	Czynnik 3
liczba posiłków dziennie	0,669	-0,085	0,156
mięso (spożycie tygodniowe)	0,652	0,088	-0,052
słodycze (spożycie tygodniowe)	0,632	0,153	0,061
kawa (spożycie tygodniowe)	-0,436	0,272	0,155
jarzyny (spożycie tygodniowe)	-0,007	0,804	0,130
owoce (spożycie tygodniowe)	0,041	0,772	0,082
jaja (spożycie tygodniowe)	0,221	-0,212	0,733
mleko (spożycie tygodniowe)	-0,188	0,091	0,647
sery (spożycie tygodniowe)	0,052	0,298	0,469
ryby (spożycie tygodniowe)	0,015	0,177	0,327
% wyjaśnianej zmienności (WZ)	15,51	15,27	13,61
S %WZ	44,40		

Analiza regresji liniowej wykazała istotnie statystyczny związek czynnika 1 z budową ciała i siłą mięśniową, czynnika 2 z BMI, wymiarami szerokościowymi, szybkością reakcji i siłą mięśniową oraz czynnika 3 z wymiarami szerokościowymi, szybkością reakcji i stanem zdrowia (tab. 9).

Stwierdzono więc, że większa liczba dziennych posiłków, częstsze spożycie mięsa i kawy, ale – rzadsze słodyczy są istotnie związane z większą wysokością ciała, a mniejszymi: BMI i sumą fałdów skórno-tłuszczowych, szerokością barków i bioder, a także z mniejszą siłą mięśniową. Częstsze spożycie jarzyn i owoców idzie w parze z większym BMI, większymi wymiarami szerokościowymi (a-a oraz ic-ic), krótszym czasem reakcji i większą siłą mięśniową. Częstsze spożycie nabiału i ryb wiąże się istotnie z szerszymi barkami i biodrami, krótszym czasem reakcji i lepszym stanem zdrowia.

Najważniejszym rezultatem wynikającym z badań zarówno w Meksyku, jak i w Polsce jest stwierdzenie istotnego związku między większą częstością spożywania ryb i owoców morza a krótszym czasem reakcji. Test mierzący szybkość reakcji, wykorzystujący linijkę *Quickstick*, to bardzo prosty pomiar sprzężonej reakcji neuro-mięśniowej, świadczącej o umiejętności koncentracji i odpowiedzi mięśniowej. Nic dziwnego, że w każdym tego rodzaju badaniu

TABELA 9.

Wyniki analizy regresji. Zmienne niezależne – czynniki żywieniowe; zmienne zależne – wysokość ciała, BMI, suma grubości dziesięciu fałdów tłuszczowych, szerokość bioder i barków, szybkość reakcji, siła mięśniowa i stan zdrowia (uwzględniono tylko istotne zależności czynników i cech)

Cechy	Czynniki żywieniowe		
	F1 liczba posiłków dziennie mięso słodkocze kawa	F2 jarzyny owoce	F3 jaja mleko sery ryby
wysokość ciała	T = 1,968* %WZ = 9,0		
BMI	T = -6,189*** %WZ = 8,4	T = 2,139* %WZ = 1,0	
suma 10 fałd tłuszczowych	T = -5,027*** %WZ = 7,1		
a-a	T = -2,839** %WZ = 1,9	T = 3,189** %WZ = 2,3	T = 2,692** %WZ = 1,6
ic-ic	T = -2,888** %WZ = 1,9	T = 2,861** %WZ = 1,9	T = 2,389* %WZ = 1,3
szybkość reakcji		T = -2,067* %WZ = 1,0	T = -2,083* %WZ = 1,0
siła mięśniowa	T = -4,017*** %WZ = 3,7	T = 2,326* %WZ = 1,3	
stan zdrowia			T = 1,998* %WZ = 1,0

WZ – wyjaśniana zmienność

uzyskujemy negatywną korelację: więcej ryb i owoców morza – krótszy czas reakcji (uchwycenie linijki w krótszym czasie, a więc uzyskanie mniejszej liczby punktów na niej zaznaczonych). Nie stwierdzono jednakże, aby częstość spożywania ryb i owoców morza była istotnie związana z wysokością ciała, BMI czy tkanką tłuszczową. Natomiast większe wymiary szerokościowe ciała oraz stan zdrowia wykazują pozytywny związek z tym czynnikiem żywieniowym. Na podstawie wcześniejszych danych i wyników badań własnych możemy z całą pewnością założyć, że nasz wygląd i funkcjonowanie organizmu są silnie uzależnione od produktów, na których opiera się nasza dieta. Należałoby zbadać to zagadnienie dokładnie na dużo większym materiale.

Podsumujemy: splot okoliczności uwarunkowanych historycznie powoduje, że tkwimy w błędnej polityce żywieniowej, zmierzającej ku maksymalizacji wymiarów ciała, podczas gdy potrzeby mózgu zostały zepchnięte na drugi plan. Oto wnioski dla nas: nie starajmy się być coraz wyżsi, ale dbajmy o naszą sprawność umysłową.

LITERATURA

- Crawford M.A., Broadhurst C.L., Cunnane S.C., Marsh D.E., Schmidt W.F., Brand A., Ghebremeskel K. 2014, *Nutritional armour in evolution: docosahexaenoic as a determinant of neural evolution and hominid brain development*, „Military Medicine”, t. 179 (115), s. 61–75.
- Crawford M.A., Broadhurst C.L., Galli C., Ghebremeskel K., Holmsen H., Letten F., Saugstad L.F., Walter F.S., Sinclair A.J., Cunnane S.C. 2008, *The role of docosahexaenoic and arachidonic acids as determinants of evolution and hominid brain development*, [w:] *Fisheries for Global Welfare and Environment. Memorial book of the 5th World Fisheries Congress*, Tsukamoto K., Kawamura T., Takeuchi T., Beard Jr. T.D., Kaiser M.J. (eds.), TERRAPUB, Tokyo, s. 57–76.
- Crawford M.A., Broadhurst C.L., Guest M., Nagar A., Wang Y., Ghebremeskel K., Schmidt W.F. 2013, *A quantum theory for the irreplaceable role of docosahexaenoic acid in neural cell signaling throughout evolution*, „Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids”, t. 88, s. 5–13.
- Cupp D., Kanipf J.A., Kleinfeld A.M. 2004, *Linolenic acid transport in hamster intestinal cells is carrier-mediated*, „Biochemistry”, t. 43, s. 4473–4481.
- Deacon H.J., Deacon J. 1999, *Human beginnings in South Africa: uncovering the secrets of the Stone Age*, David Phillips, Cape Town.
- Domagała P., Żuralska R., Mziray M. 2014, *Rola niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych oraz ich znaczenie w wybranych schorzeniach*, „Pielęgniarstwo XXI Wieku”, t. 46, s. 27–30.
- Gluckman P., Hanson M., Beedle A. 2009, *Principles of evolutionary medicine*, Oxford University Press, New York.
- Henneberg M., Budnik A., Siniarska A. 2014, *Biologia człowieka XXI wieku*, [w:] *Biologia XXI wieku. Nowe kierunki badawcze*, Romanowski J., Matyjasiak P. (red.), Wydawnictwo Naukowe UKSW, Warszawa.
- Kochman K. 2011, *Predykcyjna teoria ewolucji Crawforda*, „Nauka”, t. 4, s. 21–27.
- Lotze H.K., Call M., Dunne J.A. 2011, *Historical changes in marine resources, food-web structure and ecosystem functioning in the Adriatic Sea, Mediterranean*, „Ecosystems”, t. 14, s. 198–222.
- Marciniak-Łukasik K. 2011, *Rola i znaczenie kwasów tłuszczowych omega-3*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość”, t. 79, s. 24–35.
- Matz M.V., Frank T.M., Marshall J., Widder E.A., Johnsen S. 2008, *Giant Deep-Sea protist produces bilaterian-like traces*, „Current Biology”, t. 18 (23), s. 1849–1854.
- Pudło A. 2016, *Mieszkańcy średniowiecznego Gdańska w świetle wyników badań antropologicznych*, „Fontes Commentationesque ad Res Gestas Gedani et Pomeraniae”, t. 5, Muzeum Archeologiczne w Gdańsku, Gdańsk.

- Rightmire G.P., Deacon H.J. 2001, *New human teeth from Middle Stone Age deposits at Klasies River, South Africa*, „Journal of Human Evolution”, t. 41, s. 535–544.
- Rightmire G.P., Deacon H.J., Schwartz J.H., Tattersall I. 2006, *Human foot bones from Klasies River main site, South Africa*, „Journal of Human Evolution”, t. 50, s. 96–103.
- Schwartz J.H., Tattersall I. 2005, *Craniodental morphology of Genus Homo (Africa and Asia)*, Wiley-Liss, New York.
- Simopoulos A. P. 2016, *An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity*, „Nutrients”, t. 8, 128 (3); doi: 10.3390/nu8030128.
- Singer R., Wymer J.J. 1982, *The Middle Stone Age at Klasies River Mouth in South Africa*, University of Chicago Press, Chicago.
- Siniarska A. 1999, *Physical fitness and nutritional status in fishermen and manual labourers of Yucatan, Mexico*, „Perspectives in Human Biology”, t. 4 (2), s. 77–86.
- Tattersall I. 2008, *An evolutionary framework for the acquisition of symbolic cognition by Homo Sapiens*, „Comparative Cognition and Behavior Reviews”, t. 3, s. 99–114.
- Tattersall I. 2009, *Human origins: out of Africa*, „Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America”, t. 106, s. 16018–16021.
- Walczevska A., Stępień T., Bewicz-Binkowska D., Zagórska E. 2011, *Rola kwasu dekozaheksaenowego w czynności komórek nerwowych*, „Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej”, t. 65, s. 314–327.