



Adaptacja motorem ewolucji

Katarzyna Adamala
10.III.2003

Co to jest adaptacja?

Na tak postawione pytanie nie ma dziś jednoznacznej odpowiedzi. Istnieje dużo teoretycznie równorzędnych definicji tego pojęcia.

Ogólnie można powiedzieć - pomijając szczególne przypadki i wyjątki - że adaptacja to efekt działania doboru naturalnego na naturalną zmienność cech dziedzicznych.

Według "Leksykonu biologicznego": adaptacja, czyli przystosowanie, to zmiana struktury lub funkcji organizmu zwiększająca szanse przeżycia i wydania potomstwa w warunkach danego środowiska.

Wszystkie organizmy żywe pozostają w ścisłym związku ze środowiskiem, w którym żyją. Aby przetrwać, rozmnożyć się i odchowić potomstwo - przekazać swoje geny, czyli osiągnąć sukces ewolucyjny - organizm musi dynamicznie reagować na zmiany środowiska, które go otacza. W celu maksymalizacji dostosowania (fitness) organizm musi albo aktywnie przeciwstawić się zmianom, albo zmienić - przystosować - się samemu.

Potocznie przystosowaniem możemy nazwać zmiany dokonujące się w ciągu życia osobnika pod wpływem działania określonych bodźców (np. aklimatyzacja do nowych warunków).

Z biologicznego punktu widzenia przystosowanie to jednak zmiana genotypowa - nie tylko modyfikacja osobniczego fenotypu. Aby przystosowanie można było nazwać adaptacją ewolucyjną musi być trwałe, przekazywane w populacji z pokolenia na pokolenie - musi więc być zawarte w genach.

Aktywne przeciwstawianie się zmianom jest dobrą strategią wtedy, gdy zmiana środowiska jest krótkotrwała i/lub bardzo radykalna.

W takiej sytuacji w populacji nie ma cechy mogącej ułatwić przeżycie - zakres możliwych naturalnych mutacji jest bowiem ograniczony.

Trudno np. wymagać od populacji chomików, których norki nagle zatopiła wiosenna powódź, aby nauczyły się oddychać pod wodą - byłaby to zbyt daleko idąca zmiana, wymagająca zbyt dużych modyfikacji genotypu - nie mogłaby pojawić się jako jedna przypadkowa mutacja i "akurat" być wykorzystana podczas powodzi. Ułatwić przeżycie wiosennej powodzi może adaptacja behawioralna - chomiki mogą nauczyć się pływać wykorzystując gałęzie lub liście na powierzchni wody. Cecha ta nie będzie jednak, oczywiście, dziedziczna. (choć skłonność do niej może być wrodzona...)

Chomiki podczas powodzi doskonale ilustrują różnice między lamarkowskim a neodarwinowskim myśleniem o powstawaniu mutacji.

W modelu lamarkowskim skupiamy się na możliwości zareagowania przez chomiki na powódź i wykształceniem "na poczekaniu" przystosowania, które może być następnie wzmacniane w kolejnych pokoleniach.

W modelu neodarwinowskim w ogóle nas to nie interesuje (tj. nawet gdyby jakiś chomik siłą woli nauczył się oddychać po wodą, wiemy, że i tak nie przekaze tego dalej). Patrzymy natomiast na populację chomików, spodziewając się, że niektóre chomiki w toku przypadkowych mutacji nabyły cechy, które okażą się przydatne podczas powodzi (mniej nasiąkające futerko, bardziej błoniaste łapki, większe płuca, mięśnie zaciskające nozdrza, instynkt ucieczki w wyżej położone miejsca po obfitych opadach itp.) i sprawdzamy, czy poprawiły one przeżywalność swych nosicieli. Spodziewamy się, że po powodzi ocalałe chomiki będą częściej wykazywać te właśnie zmodyfikowane cechy.

Adaptacja powstaje na skutek presji selekcyjnej, czyli sumy nacisków środowiskowych na organizm. Dzięki zmienności genetycznej w populacji zwykle znajdzie się kilka osobników, które przypadkiem posiadają cechę akurat ułatwiającą radzenie sobie w nowym, zmienionym środowisku.

Cecha ta mogła występować jako neutralny bagaż - w "starych" warunkach jej posiadacz nie miał z niej ani szkody, ani pożytku - była neutralna selekcyjnie. Mogła też być, w poprzednich warunkach, negatywna - nosiciel miał z jej powodu kłopoty - działa ujemnie na fitness i, gdyby nie zmiana środowiska, zniknęłaby by z puli genowej. Po zmianie warunków posiadacze tej cechy radzą sobie w nowym środowisku lepiej, niż inni, mają większe szanse na rozród - a więc okazują się najlepiej przystosowanymi, gdyż staje cecha adaptacją i utrwała się w populacji.

Adaptacje odgrywają kluczową rolę w procesie ewolucji.

Modyfikacje zwiększające szanse przeżycia i rozrodu mogą być niewielkie - wtedy powoli rozprzestrzeniają się w populacji i pomagają jej lepiej sobie radzić w lokalnym środowisku; albo bardzo głębokie - prowadzące do wyodrębnienia się nowej grupy systematycznej. Gatunek może się wyodrębnić nawet przy minimalnych różnicach przystosowawczych... np. w wyniku doboru płciowego (i odwrotnie drastyczne zmiany - np. u psów - nie prowadzą zaraz do specjacji).

Zmiany adaptacyjne mogą być drobne, dotyczyć jednej szczególnej cechy danego organizmu. Mogą też być wręcz rewolucyjne i wpływać na przyszłość całego ekosystemu (sprzężenie zwrotne: środowisko wymusza adaptację, zmodyfikowany organizm zmienia środowisko).

W historii życia wielokrotnie dochodziło do poważnych kryzysów - tzw. wielkich wymierań - podczas których zmiany środowiska były tak gwałtowane, że wyginęła zdecydowana większość żyjących wtedy osobników (nawet 90-95%). Widać więc, jak trudne bywa czasem wytworzenie nowej adaptacji - często udaje się to tylko nielicznym. Często też jest tak, że przezwyciężenie jednego kryzysu powoduje następny.

Już od samego początku ewolucji biologicznej miały miejsce takie wielkie kryzysy, wymuszające "spektakularne" adaptacje.

Pierwsze organizmy były heterotrofami - w prabulionie, z którego powstały i w którym cały czas się znajdowały, pełno było nadających się do pochłonięcia cząstek organicznych; a pokarm spalały wykorzystując szlaki metaboliczne ogólnie podobne do pospolitej glikolizy - różne rodzaje beztlenowej fermentacji lub, czasem, metabolizm siarki bądź azotu.

Taka sytuacja - wręcz idealna z punktu widzenia poszczególnych organizmów, umożliwiała im praktycznie nieograniczone rozmnażanie się. Dopiero co powstałe życie

zaczęło się mnożyć w niezwykle szybkim tempie. Na szczęście dla nas (i wszystkich innych żyjących dziś organizmów...) taka mnogość form i postaci stwarzała też możliwość występowania wielu potencjalnych mutacji.

Wkrótce okazało się to niezwykle przydatne. Nastąpił bowiem pierwszy kryzys życia: organizmom zaczęło brakować pokarmu. Nadal trwała wprawdzie abiotyczna synteza cząstek organicznych, ale konsumentów tego pokarmu było już tylu, że synteza nie nadążała za apetytami ich wszystkich.

Wtedy wymuszona została pierwsza wielka adaptacja świata żywego: fotosynteza.

Zapewne były komórki, które już wcześniej "eksperymentowały" z samożywnością, jednak wobec obfitości pokarmu w środowisku cecha ta, nawet jeśli udało im się ją opanować, nie była przydatna i nie wpływała na zwiększenie szans sukcesu ewolucyjnego. Dopiero stres - brak pożywienia - sprawił, że fototrofizm stał się cechą ze wszech miar korzystną i pożądaną. Wobec braku pokarmu większość heterotrofów musiała wymrzeć z głodu, a organizmy, które umiały wyżywić się same, mogły dalej bez przeszkód się rozmnażać.

Co więcej, zdolność tą wykorzystaly też - niejako "ukradły" - inne, nie umiejące fotosyntezować samodzielnie, komórki, biorąc małych autotrofów "w niewolę". Tak powstały chloroplasty dzisiejszych roślin.

Wtedy wydawało się, że sytuacja wróciła do stabilnej normy: jedne komórki odżywiały się same, inne odżywiały się tymi pierwszymi; ustaliła się dynamiczna równowaga prymitywnych łańcuchów pokarmowych.

Wkrótce jednak wyszły na jaw konsekwencje fotosyntezy: pojawił się wolny tlen. Najpierw, przez miliony lat wiązał się ze skałami skorupy ziemskiej. Kiedy jednak utleniło się już wszystko, co utlenić się mogło, a miliardy małych zielonych komórek nadal fotosyntezowały, tlen zaczął się gromadzić w wodzie i powietrzu.

Wolny tlen był dla organizmów jedną z najgorszych trucizn; jego rodniki niszczą związki organiczne i potrafią dosłownie rozłożyć komórkę na czynniki pierwsze. Zdecydowana większość ówczesnych organizmów nie poradziła sobie z tym wyzwaniem - nastąpiło drugie wielkie wymieranie w historii.

Jednak kilka, może kilkadziesiąt komórek posiadało, na skutek wcześniejszych przypadkowych mutacji, szczególną zdolność wykorzystania tlenu: "odkryły" one, że tlen użyty do metabolizowania cząstek organicznych pozwala uzyskać z nich dużo więcej energii niż było to możliwe dotychczas, bez jego udziału.

Tak powstała kolejna wielka adaptacja: oddychanie tlenowe z cyklem Krebsa.

Podobne przykłady można by mnożyć przez następne miliony lat - praktycznie bowiem każda zmiana umożliwiająca dalszą ewolucję jest adaptacją.

W tym miejscu należy jednak zwrócić uwagę na to, że nie każda adaptacja musi być adaptatywna, a też nie każda cecha adaptatywna jest ewolucyjną adaptacją. Jeśli cecha nie jest adaptatywna, to przestaje być adaptacją (choć była nią kiedyś lub będzie).

Czasem jakaś cecha była ewolucyjną adaptacją - powstała w odpowiedzi na jakąś zmianę środowiska w przeszłości, teraz jednak już, prawdopodobnie wskutek kolejnej zmiany środowiska, straciła adaptatywność. Tak więc już nie zwiększa fitness posiadającego ją organizmu; jeżeli jednak jest selekcyjnie neutralna lub sprzężona z jakąś cechą korzystną, może pozostawać w populacji jeszcze długo po całkowitej utracie przewagi przystosowawczej.

Inny szczególny przypadek ma miejsce wtedy, kiedy cecha obecnie jest adaptatywna, ale nie pojawiła się pierwotnie jako ewolucyjna adaptacja do obecnej funkcji. Jest to tzw. egzaptacja - cecha, która dopiero teraz, wobec zaszłej zmiany środowiska, zaczęła zwiększać fitness organizmu w nowy sposób (np. pióra i worki powietrzne w kościach przydały się ptakom jako adaptacja do lotu, ale występowały już u dinozaurowych przodków - jako przystosowania termoregulacyjne; możemy powiedzieć, że u dinozaurów były preadaptacją do ewolucji lotu).

Na koniec wypada jeszcze wspomnieć o pewnym szczególnym zwierzęciu, u którego proces powstawania adaptacji biologicznych został w dużym stopniu zakłócony przez nienaturalne zmiany środowiska życia. Chodzi o człowieka.

Nasz gatunek powstał w warunkach diametralnie różnych od tych, w których funkcjonujemy obecnie.

Nasza fizjologia jest odpowiedzią na łowiecko-zbieracki tryb życia na afrykańskiej sawannie, a behavior ukształtował się tak, aby maksymalizować fitness w małych, rodzinnych klanach o ściśle patriarchalnej strukturze. Stworzona przez nas samych w ciągu ostatnich kilkunastu tysięcy lat cywilizacja spowodowała gruntowaną zmianę warunków naszego życia, zarówno fizycznych (większość z nas nie musi już polować, żyjemy w ogrzewanych, niemal sterylnych pomieszczeniach i dostarczamy sobie zwykle minimalną dawkę aktywności fizycznej), jak i psychicznych (wielkie, anonimowe społeczeństwa, zmiana tradycyjnego modelu rodziny wielopokoleniowej i ról męskich i kobiecych). Nasz gatunek jest prawdopodobnie jedynym, na którego zachowanie mają przemożny wpływ czynniki pozabiologiczne - kultura.

Psychologia ewolucyjna i socjobiologia rozważają niezwykle fascynujące ludzkie adaptacje behawioralne - ale już temat na osobny referat (zainteresowanych odsyłam do działu **Behavior** naszego serwisu).

Nawet jednak u człowieka można jednak wskazać adaptacje biologiczne zarówno na poziomie gatunku (redukcja owłosienia, wyprostowana postawa i zwiększenie skuteczności pocenia się mogą stanowić zespół adaptacji do aktywnego trybu życia na otwartej przestrzeni w strefie równikowej), jak i zróżnicowanie adaptacyjne lokalnych populacji - np. w barwie skóry zależne od intensywności nasłonecznienia, a także podwyższona wydolność układu oddechowego i krążenia u ludów zamieszkujących od wielu pokoleń bardzo wysokie góry (Indianie Andów, Tybetańczycy).

Literatura (wybór)

1. H. Krzanowska, A. Łomnicki, J. Rafiński, H. Szarski, J. M. Szymura "**Zarys mechanizmów ewolucji**";
2. A. Hoffman "Wokół ewolucji"; PIW, Warszawa 1997
3. Willis "Dzieci Prometeusza";
4. R. Dawkins "Wspinaczka na szczyt nieprawdopodobieństwa"; Prószyński i S-ka,
5. V. B. Dröscher "**Reguła przetrwania**"; PIW, Warszawa 1996
6. P. Ward "**Kres ewolucji**"; Prószyński i S-ka, Warszawa 1995