



Ewolucja geometryczna, czyli jak powstało oko

W jaki sposób mogło wyewoluować oko? Przypadki różnych systemów biologicznych, których funkcjonowanie jest możliwe tylko wtedy, gdy wszystkie ich składowe idealnie współgrają, wydają się niemożliwe do powstania drogą stopniowych ulepszeń. Bo jaki może być pożytek z posiadania 5% oka?

Zacznijmy od najprostszego narządu wzroku, jakim jest pojedyncza światłoczuła komórka, umieszczona gdzieś w ciele organizmu. Czy taki narząd może się na coś przydać? Naturalnie, że tak: już samo rozróżnienie, czy jest jasno, czy ciemno, pozwala wodnym skorupiakom ukrywać się przed wrogami. W nocy skorupiaki żerują przy powierzchni wody zjadając plankton, w dzień natomiast opadają w głębinę, gdzie nie mogą ich dostrzec ryby. Jeśli ciało właściciela takiego jednokomórkowego oka jest nieprzezroczyste, pozwala także wykryć kierunek, z którego płynie światło. Organizm może się obracać, notując zmiany w oświetleniu swojego oka i ustawiać w pożądanym kierunku. Robią tak, na przykład, czerwie, by odpełznąć z oświetlonej przestrzeni.

Zwiększenie liczby reagujących na światło komórek umożliwia dostrzeżenie słabszego światła, ale też stwarza nowe możliwości. Tym razem można już wykryć kierunek, z którego nadchodzi światło, bez konieczności poruszania ciałem, gdyż światłoczułe komórki, umieszczone w różnych punktach krzywizny ciała, są osłonięte przed światłem padającym z różnych kierunków. Skupienie grupy światłoczułych komórek w tarczki może początkowo po prostu zwiększyć skuteczność wykrywania światła. Jednak już niewielka zmiana krzywizny tej tarczki daje nowe możliwości. Co ciekawe, bez względu na to, czy tarczka zacznie się robić wypukłą, czy wklęsłą, powstanie zwarty organ zdolny do wykrywania kierunku, z którego pada światło. Taki jest początek ewolucji dwóch głównych typów oczu: uwypuklanie się światłoczułej płaszczyzny dało początek powstaniu oczu złożonych, jakie mają np. owady, wgłębianie się – oczu, jakie mamy choćby my sami.

Oczy różnych typów ewoluowały niezależnie przynajmniej 40 razy, tworząc wiele różnych struktur pełniących tę samą funkcję. Dalej zajmiemy się tylko jednym z nich – modelem „wklęsłej tarczki”.

Pozwala ona na rozpoznanie kierunku, z którego pada światło, lecz nadal nie umożliwia rozpoznawania

kształtów oświetlonych obiektów. Dzieje się tak dlatego, że każdy punkt widzianego obrazu odbija promienie we wszystkich kierunkach i promienie te padają na każdą z komórek wklęsłej tarczki. Jednak im bardziej wklęsła będzie tarczka, tym mniej wpadnie do niej przypadkowych promieni, aż wreszcie, w skrajnym przypadku, gdy promienie będą wpadały tylko przez mały otworek, powstaje *camera obscura*, która tworzy całkiem wyraźny obraz na dnie oka. Jednak tylko do pewnego stopnia – im mniejszy otwór, tym obraz wyraźniejszy, lecz także ciemniejszy. Oczy tego typu ma wiele organizmów, na przykład glony, łodziki, niektóre ślimaki czy małże.

Dalsze usprawnienie powstającego mechanizmu polega na jego ochronie mechanicznej. U łodzika cenne światłoczułe komórki pozostają wystawione na bezpośrednie działanie środowiska. Osłony muszą być oczywiście przezroczyste. W istocie oczy szczelinowe małży czy ślimaków są w mniejszym lub większym stopniu wypełnione przezroczystą substancją. Jeśli dojdzie do całkowitego wypełnienia gałki ocznej taką substancją, otwiera się możliwość powstania kolejnego usprawnienia. Problem ostrości obrazu można rozwiązać za pomocą soczewki, czyli np. bryłki przezroczystej substancji o tak zaokrąglonych brzegach, iż wszystkie promienie pochodzące z danego punktu przestrzeni skupiają się w jednym punkcie obrazu.

Używane w aparatach fotograficznych soczewki mają bardzo precyzyjnie dobrany kształt, aby zdjęcie było możliwie ostre i pozbawione innych wad. Jednak już zastosowanie tak prymitywnej soczewki, jaką jest torebka foliowa wypełniona wodą, pozwala na uzyskanie całkiem czytelnego zdjęcia.

Formowanie się soczewki ocznej zaczęło się zapewne od powstania zgęstnienia substancji wypełniającej wnętrze oka, które w kolejnych etapach przyjmowało coraz doskonalszy kształt, pozwalający widzieć coraz wyraźniej.

Dodatkową wskazówką trafności przedstawionego rozumowania okazała się opublikowana w 1989 roku symulacja komputerowa ewolucji oka. Uwzględniała ona prawa optyki, a rezultat – niemal dokładne powtórzenie opisanego wyżej scenariusza – przedstawia rysunek.



Ewolucja oka – wybrane etapy opisanych w tekście ciągłych zmian (na podstawie: Richard Dawkins „Wspinaczka na szczyt nieprawdopodobieństwa”).

Paweł PORĘBA

Współpraca: Anna LORENC, Jarek BRYK