

Jeden rozdział z książki „Okruchy ewolucji. Tajemnice historii naturalnej”, Marcin Ryszkiewicz, 2013

Po co nam są narządy szczątkowe, np. wyrostek robaczkowy?

To pytanie dobrze obrazuje jak bardzo myślenie ewolucyjne odbiega od potocznego. Wydaje nam się oczywiste, że wszystko, co mamy musi do czegoś służyć, bo inaczej byśmy tego czegoś nie mieli. W radiu czy w zegarku każdy element pełni jakąś funkcję, inaczej nikt by go tam nie umieszczał. Ale narządy szczątkowe, czyli rudymenty, z definicji nie są „po coś”, tylko właśnie po nic – dlatego są szczątkowe. Ewolucjoniści kochają takie przykłady niedopasowania funkcji do formy, bo to one – znacznie bardziej niż doskonałe przystosowania – pokazują, że nasze ciała nie są dziełem ponadczasowego projektu, ale raczej nieplanowanego majsterkowania, po którym zawsze zostają jakieś niedoróbki.

Zanim przejdziemy do wyrostka robaczkowego – a czeka nas tutaj niespodzianka – zastanówmy się najpierw skąd w ogóle biorą się narządy szczątkowe i jakie jest ich znaczenie. Standardowa, ewolucyjna odpowiedź jest prosta – to takie organy, które kiedyś czemuś służyły, ale potem, w związku ze zmianą środowiska na przykład, utraciły swe funkcje i jeszcze nie zdążyły całkowicie zaniknąć. Przykładem są oczy ryb jaskiniowych, zwykle w mniejszym lub większym stopniu zdegenerowane i niezdolne już do odbierania bodźców wzrokowych, kikutowate „skrzydła” kiwi, ukryte pośród piór tego ptaka i z zewnątrz niewidoczne (same pióra kiwi są poniekąd relikdami, bo funkcji lotnych już nie pełnią i jak pióra nie wyglądają), kość ogonowa u człowieka, czy wreszcie szczątkowe nogi u niektórych waleni i węży, też skryte wewnątrz ich ciał i bardzo niepełnie wykształcone. Od rudymentów warto odróżniać, nieraz z nimi mylone, atawizmy, czyli cechy przodków, które kiedyś zanikły, ale czasem pojawiają się u (niektórych) z ich potomków. Atawizmem może być np. ogon, z którym rodzą się czasem ludzkie niemowlęta, lub zawiązki zębów pojawiające się u niektórych piskląt ptaków.

Dlaczego nieużywane i нефunkcjonalne narządy ulegają degeneracji, a z czasem zanikają zupełnie? Przeddarwinowska (choć ewolucyjna) odpowiedź brzmiała: bo to właśnie ich używanie wzmaga ich rozwój (tak jest np. z mięśniami, skórą na podszewkach, czy czerwonymi ciążkami krwi u ludzi żyjących w rejonach wysokogórskich), a później tak nabyte modyfikacje dziedziczone są u potomstwa. I odwrotnie, narządy nieużywane zanikają, bo nie są pobudzane do rozwoju, a to właśnie owo pobudzanie odpowiada za ich istnienie. Dziś wiemy jednak, że takie dziedziczenie cech nabytych zdarza się bardzo rzadko i nie odpowiada za powstanie narządów szczątkowych. Sprawcą tego zanikania jest dobór naturalny, który nie „interesuje się” zmianami zachodzącymi w narządach, które utraciły funkcjonalność: u żyjących w całkowitych ciemnościach ryb (i wszystkich innych zwierząt jaskiniowych) każda mutacja deformująca narząd wzroku (i ograniczająca jego doskonałość) może się utrwalić, gdyż nie wpływa na szanse przeżycia dotkniętego takimi mutacjami zwierzęcia. Oko i tak nic nie widzi, więc jego mniejsza lub większa sprawność nie ma

żadnego znaczenia. Również ośrodek mózgu odbierający i przetwarzający sygnały wzrokowe ulega u zwierząt żyjących w całkowitych ciemnościach redukcji.

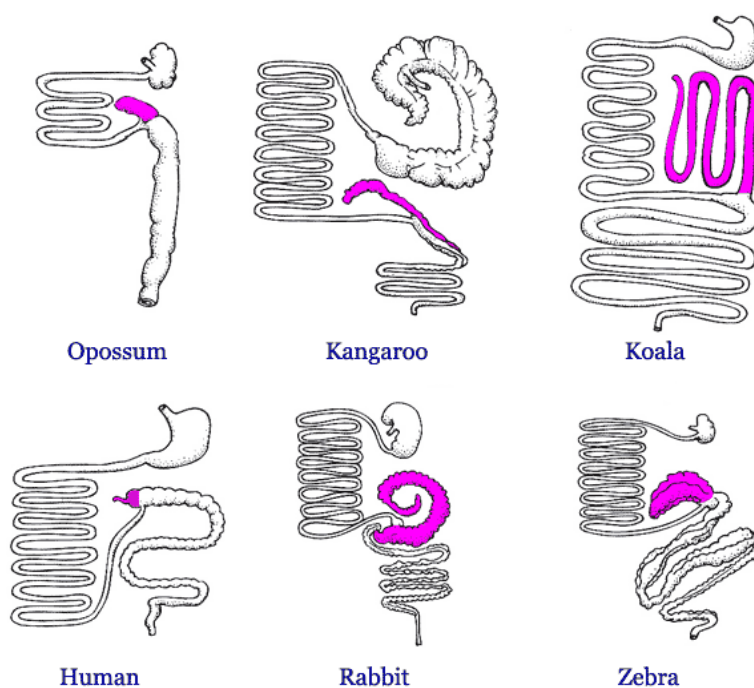
Ale dobór nie tylko ignoruje mutacje nieużywanych narządów, może też aktywnie faworyzować ich zanik. Produkcja każdego narządu jest kosztowna, bo wymaga odpowiednich materiałów do ich budowy i obsługi, a także energii dla ich prawidłowego działania. Dlatego im szybciej uwięziona w jaskini ryba (a raczej jej potomkowie, czy – jeszcze dokładniej – linia rodowa) utraci oczy i im mniej z nich zostanie, tym więcej energii i materiałów będzie mogła przeznaczyć na inne potrzeby, w tym na produkcję potomstwa, dzięki czemu zapewni sobie przewagę nad innymi rybami, u których ten proces będzie wolniejszy.

Oczywiście szczątkowe mogą być nie tylko narządy, ale wszystko, co powstało w toku ewolucji pod wpływem doboru naturalnego. Np. geny, jeśli kodowane przez nie białka przestają być organizmowi potrzebne, lub gdy np. ulegają zdublowaniu, a ich pojedyncza wersja jest dla organizmu wystarczająca (takie „szczątkowe” i нефunkcjonalne już geny nazywają się pseudogenami i jest ich w naszym genomie nawet więcej od genów prawdziwych). Zmutowane i нефunkcjonalne geny nie wymagają też stałego monitorowania i naprawy, a to oznacza oszczędność energii, która może przydać się gdzie indziej. Szczątkowe mogą być też zachowania, np. wrodzony człowiekowi strach przed węzami, które kiedyś były dla nas wielkim i stałym zagrożeniem, a teraz są (w niektórych regionach świata) najwyżej atrakcją w herpetariach. Małe dzieci odruchowo boją się węzów, ale np. gniazdka elektryczne – autentyczne dla nich zagrożenie – nie wywołują takiej reakcji, bo dobór nie zdołał nas jeszcze w takie zabezpieczenie wyposażyć. Szczątkowe mogą być też reakcje fizjologiczne, np. uruchamiający się w razie nagłego zaskoczenia odruch zwany „walcz lub uciekaj”, przyspieszający pracę serca, zwiększający potliwość skóry na dłoniach i wywołujący rumieńce na policzkach. Wszystko to było kiedyś użyteczne, np. podczas ataku drapieżnika, ale dziś bywa kłopotliwe – taka reakcja w gabinecie szefa może zdradzić nasz niepokój w sytuacji, gdy ani ucieczka, ani tym bardziej walka nie jest już możliwa.

Wszystkie gatunki są niejako magazynami takich szczątkowych śladów historii, bo u wszystkich niektóre funkcje ulegają wyłączeniu i przestają być użyteczne, ale człowiek jest pod tym względem szczególnie obciążony, bo w naszych dawniejszych i całkiem niedawnych dziejach radykalnie zmienialiśmy zwyczaje i środowiska, więc wiele z wcześniejszych adaptacji przestało być już nam potrzebnych. Nie tak dawno opuściliśmy lasy i stanęliśmy na dwóch nogach, jeszcze później pozbyliśmy się futra, zmieniliśmy dietę z roślinnej na mięsną, zaczęliśmy polować i żyć w dużych grupach społecznych, używać ognia i wytwarzać narzędzia – i wszystko to sprawiało, że wiele wcześniejszych przystosowań traciło na znaczeniu. Lista naszych rudymentów, wciąż uaktualniana, obejmuje obecnie ok. 180 pozycji! Np. nasz narząd węchu został w stosunkowo niedawnych czasach znacznie upośledzony i jest dużo słabiej rozwinięty niż u naszych małych przodków, nie mówiąc już o takich ssakach, jak psy, których fenomenalny zmysł powonienia zaczęliśmy, po ich udomowieniu, używać niejako w zastępstwie naszego (co też przyczyniło się do uwstecznienia naszego węchu).

Ale sytuacja z wyrostkiem jest inna, dużo bardziej zagmatwana i fascynująca i niesie ważne przesłanie, które dopiero całkiem niedawno udało się rozszyfrować. Po pierwsze – nasz wyrostek nie zanikł i – choć mniejszy niż u bliższych i dalszych krewnych człowieka (naczelnych, kopytnych, drapieźnych) – jest u wszystkich ludzi obecny i nie ma raczej tendencji do zanikania. Po drugie – wyrostek bywa szkodliwy, dość często staje się źródłem zapaleń (niemal wyłącznie w krajach rozwiniętych), a same zapalenia – nie operowane – mogą prowadzić do śmierci (średnio jeden człowiek na szesnastu cierpi na ostre zapalenie wyrostka, a połowa nieoperowanych przypadków kończy się śmiercią). Nie mamy więc tu do czynienia z narządem niezauważanym przez dobór, ale czasem aż nadto widocznym – przedwczesna śmierć to wszak jeden z najpotężniejszych czynników wzmacniających jego działanie. Po trzecie wreszcie – jego usunięcie nie powoduje żadnych widocznych zmian w funkcjonowaniu człowieka, co zresztą zawsze było przedstawiane jako główny dowód, że mamy do czynienia z niefunkcjonalnym rudymeniem. Można wręcz odnieść wrażenie, że jedyną jego funkcją jest szkoderstwo – bo jest jak tkwiący w środku naszych ciał nieodbezpieczony granat: w każdej chwili może się „zapalić”, choć nie zawsze tak robi.

Wyrostek robaczkowy człowieka jest tożsamy (homologiczny) z uchyłkiem jelita ślepego u innych zwierząt – ślepo zakończoną częścią jelita grubego, która u ssaków pełni rolę kadzi fermentacyjnej, gdzie liczne populacje bakterii przeprowadzają rozkład materii roślinnej, co dostarcza organizmowi (i samym bakteriom, rzecz jasna) dodatkowych porcji energii. Ale kiedy w ciągu naszej ewolucji człowiek radykalnie odmienił swoją dietę (ogólnie – z roślinnej na mięsną), a większość pobieranej żywności poddał obróbce cieplnej, tego typu bakteryjne wspomaganie stało się niepotrzebne i rola jelita ślepego uległa ograniczeniu. W końcu zanikła zupełnie.



Wyrostek robaczkowy wraz z jelitem ślepy (zaznaczone na fioletowo) u różnych gatunków ssaków. U góry każdego rysunku jest żołądek, z

lewej jelito cienkie, z prawej jelito ślepe (fioletowe), u dołu jelito grube zakończone odbytem. Jak widać jedynie u człowieka wyrostek robaczkowy jest wyraźnie odrębny od jelita ślepego (wg D Theobald, *The vestigiality of the human vermiform appendix, A modern reappraisal*, 2002.

Dlaczego więc, wraz z nią, nie zniknął sam wyrostek? Dlaczego dobór go nie „widzi”, skoro przynosi tyle szkód?

Gdy porównamy wyrostek robaczkowy nasz i naszych najbliższych krewnych – małp, zobaczymy coś zadziwiającego: u wielu z nich (np. szympanów) jest on w istocie **mniejszy** niż u człowieka, co potwierdza przypuszczenie, że nie jest to narząd zanikający. A skoro tak, to rodzi się podejrzenie, że pełni on jednak jakąś funkcję. Ale jaką?

Wyrostek robaczkowy nie jest pusty. Gdy przyrzeć mu się dokładnie można zauważyć, że wypełnia go gęsta masa materii limfatycznej, która pełni istotną rolę w działaniu układu odpornościowego. Jest też siedliskiem niezliczonych bakterii, wspólnie połączonych i wyścielających jego ściany. To te bakterie stanowią śmiertelne zagrożenie dla cierpiących na zapalenie wyrostka – gdy jego ściany pękają, dostają się do jamy ciała i mogą wywoływać ostre infekcje.

Choć operacje usuwania wyrostków wykonuje się rutynowo od dziesiątków lat i choć wyrzucono w tym czasie do kosza setki tysięcy tych niepotrzebnych „rudymetów”, dopiero w roku 2007 dwóch badaczy Randal Bollinger i William Parker spojrzęło na ten narząd w zupełnie nowy sposób. Ich myśl, choć na pozór banalna, była rewolucyjna: może wyrostek nie jest tylko uciążliwym (dla nas) schronieniem dla bakterii, ale **służy** do tego celu. I to służy nam, nie tylko bakteriom.

W istocie, całe nasze ciała są schronieniem bakterii, które rezydują wszędzie, zarówno w jelitach, jak i w wszystkich zakamarkach skóry i we włosach. Gdy je policzyć okazuje się, że liczba komórek bakteryjnych w człowieku jest dziesięciokrotnie większa niż liczba naszych własnych komórek. Gdy się rodzimy, jesteśmy wolni od bakterii, ale kolonizacja naszego ciała następuje bardzo szybko i u wszystkich osiąga nasycenie na mniej więcej takim samym poziomie. Wygląda to tak, jak kolonizacja wyjałowionej wyspy przez gatunki pionierskie z pobliskiego lądu – np. wyspy Krakatau po gigantycznej erupcji wulkanu, która już w kilkadziesiąt lat po wybuchu miała tę samą liczbę mieszkańców co przed nim. Zrazu pusta, wkrótce się wypełniła, a nowi koloniści nie mieli już czego szukać.

Bollinger i Parker zwrócili uwagę na oczywisty (ale zwykle ignorowany) fakt, że jako część jelita ślepego, wyrostek robaczkowy jest jedynym fragmentem przewodu pokarmowego, który nie uczestniczy w procesie trawienia i pozostaje wolny od wpływów zewnętrznych, gdy np. połknimy jakąś truciznę, lub kiedy wymiotujemy, np. pod wpływem ciężkiej choroby. Tylko tam bakterie mogą przeczekać trudne czasy i od razu potem rozpocząć rekolonizację, niczym nowi przybysze na wyspę po wybuchu wulkanu. A takie, metaforycznie rzecz ujmując, erupcje, zdarzały się w naszych dziejach ewolucyjnych często – np. cholera przez stulecia wywoływała u chorych ataki wymiotów i biegunki, które dosłownie pustoszyły naszą jelitową „florę bakteryjną” (dla przecinkowca cholery taka reakcja

organizmu jest korzystna, bo dzięki temu mogą zarażać nowe ofiary). A większa część tej bakteryjnej „flory”, jak dziś wiemy, bardzo nam się w życiu przydaje.

Analizując dokładnie zawartość wyrostków robaczkowych Parker zwrócił uwagę na jeszcze jeden zaskakujący fakt: poza bakteriami jest on przepełniony przeciwciałami układu odpornościowego (z tzw. grupy IgA), których rola w jelitach polega na lokalizowaniu tych bakterii, które organizm powinien usunąć, gromadząc je najpierw w jelicie grubym, a potem w odnodkach. Gdy jednak Parker zajął się bliżej tym problemem, wszystko zaczęło się gmatwać.

Okazało się, że bakterie wyrostka, rzekomo atakowane przez IgA, mają na powierzchni specjalne receptory, dzięki którym przeciwciała mogą szybciej je lokalizować. Jak pisze Robert Dunn w niedawno wydanej książce *Wild life of our bodies* wygląda to tak “jakby Chińczycy, po zbudowaniu Wielkiego Muru, pozostawili w wybranych miejscach wielkie drabiny, by ułatwić życie atakującym”. Zaintrygowany, Parker natknął się na jeszcze dziwniejsze zjawisko: u ludzi i myszy pozbawionych aktywnych IgA, bakterie z receptorami IgA zanikają. Sprawia to wrażenie, jakby IgA i „atakowane” przez nie bakterie nie mogły bez siebie żyć. Sprawy przybrały jeszcze ciekawszy obrót, gdy Parker zauważył, że antyciała IgA produkują specjalne cukry, które bakterie rozpoznają i które je przyciągają. Domniemani przeciwnicy okazali się najlepszymi sprzymierzeńcami.

W badaniach, które Parker podjął, by wyjaśnić ten paradoks, wyszło na jaw, że IgA lokalizują bakterie nie po to, by je zwalczać, ale by im pomóc skupiać się w postaci biofilmów, przylegających do ścian jelitowych. I jeszcze coś: gdy w laboratorium Parkera do kultur bakterii jelitowych dodano czyste IgA bakterie zaczęły dzielić się 15 razy szybciej niż bez niego! IgA najwyraźniej bakteriom pomaga, nie szkodzi.

Ale czy pomaga też nam? Teoretycznie, jako produkt naszych organizmów, powinno, o ile nie zostało przez same bakterie zmanipulowane. A przyroda zna przykłady nie takich manipulacji. Pasożyty i patogeny potrafią tak podporządkować sobie ciała i psychikę swych żywicieli, żeby aktywnie służyły swoim prześladowcom, a nie samym sobie. Dobrym przykładem są wirusy wywołujące wściekliznę, które tak manipulują psychiką zakażonych ofiar, by nie bały się nikogo i atakowały wszystkich nie zważając na zagrożenia (stają się przy tym odporne na ból) - w ten sposób wirusy mogą przenosić się na nowe ofiary. Zakażone ofiary działają więc niczym zombie, gotowe posłusznie wykonywać najbardziej samobójcze misje.

Teraz do akcji wkroczył Bollinger porównując biofilny bakteryjny w jelicie grubym i wyrostku i stwierdzając, że są one szczególnie obfite w tym ostatnim – wyglądało to tak, jakby nasze IgA służyło bakteriom do moszczenia sobie w wyrostku wygodnego gniazda, czyniąc z niego rodzaj inkubatora, lub – jak pisze Dunn – Rajskiego Ogrodu mikrobialnego świata. Kolejnym odkryciem Bollingera było wyjaśnienie, dlaczego zapalenie wyrostka robaczkowego zdarza się tak często w krajach rozwiniętych, a nie w Trzecim Świecie, gdzie ludzie przecież znacznie bardziej narażeni są na choroby układu pokarmowego. Otóż tam ów Rajski Ogród bakterii wciąż pełni swą rolę rezerwuaru naszej flory bakteryjnej i odtwarza ją po każdej chorobowej tragedii. W krajach o wysokich standardach higieny choroby takie są niezwykle rzadkie, więc bakterie w wyrostku stały się bezużyteczne i czasem zaczynają

działać niejako na oślep. Zaczynamy żyć w sterylnym świecie, do którego nasze organizmy nie są przygotowane. Układ odpornościowy, przez miliony lat nieustannie testowany przez patogeny i pasożyty i nagle pozbawiony swych wrogów, zaczyna zwracać się przeciwko komórkom własnego ciała, jakby szukając dla siebie zajęcia. Tak właśnie tłumaczy się epidemię chorób autoimmunologicznych, takich jak uczulenia czy astma, która dotyka wielu mieszkańców krajów wysoko rozwiniętych, a jest prawie nieznaną w krajach zacofanych. Żyjąc w aseptycznych mieszkaniach, pracując w klimatyzowanych biurach i jeżdżąc klimatyzowanymi samochodami, pijąc filtrowaną, ozonowaną i fluorowaną wodę i jedząc pasteryzowaną żywność uwolniliśmy się od czyhających na nas na każdym kroku biologicznych zagrożeń. Tylko nasz układ odpornościowy pozostał bez zmian – wiecznie czujny i stale gotowy do obrony przed atakami, które nie nadchodzą. Po długotrwałej wojnie upragniony pokój czasem przynosi niespodziewane zagrożenia, np. z bandami uzbrojonych, ale już bezużytecznych wojowników, którzy poza walką niewiele więcej potrafią robić. Jak wiemy z polityki – gdy nie ma wroga, trzeba go sobie wymyślić. Coś podobnego stało się i w tym przypadku – maszyna immunologiczna skierowała się przeciw własnym komórkom. Takie choroby jak uczulenia, egzemy, czy astma stają się plagą cywilizowanego świata, a ich wspólnym mianownikiem wydaje się właśnie nadaktywny układ odpornościowy, który stara się w ten sposób usprawiedliwić swoje istnienie. Kiedyś marzyliśmy, by żyć w świecie wolnym od „mikrobów” – dziś te mikroby przypominają nam boleśnie, że jesteśmy tylko ogniwem w sieci współzależności i że z otaczającą nas przyrodą musimy ułożyć sobie jakoś życie.