

Nauka z zarodka

PALEOBIOLODZY PRZEKRACZAJĄ KOLEJNE GRANICE POZNANIA. JERZY DZIK

Badania embrionów i różnic anatomicznych obecnie żyjących organizmów są podstawowym źródłem wiedzy o przebiegu ewolucji, czyli filogenezie. Przez ponad sto lat – od czasu, gdy w 1866 roku Ernst Haeckel przedstawił pierwsze drzewo rodowe świata zwierzęcego – jedyne wiarygodne informacje o niej pochodziły z badań współczesnych nam organizmów.

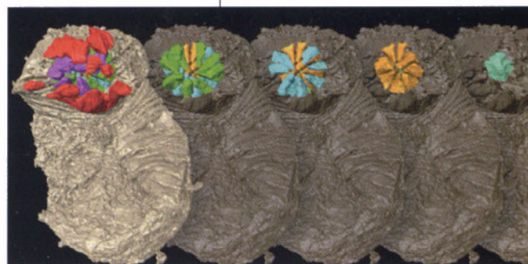
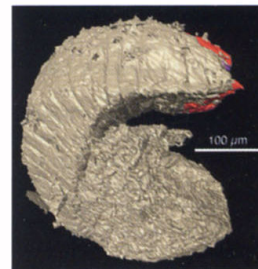
Uczeni zajmujący się formami przejściowymi między głównymi grupami systematycznymi królestwa zwierząt (tzw. typami) nie mieli pożytku ze skamieniałości, ponieważ drogi ewolucji typów rozdzieliły się przed ponad 550 mln lat, a wtedy nie było jeszcze organizmów z mineralnymi szkieletami, które miałyby szansę dotrzeć do naszych czasów. Zdawało się zatem, że znalezienie szczątków form pośrednich między typami nie jest możliwe. Ostatnio pogląd ten trzeba było zrewidować. W *Nature* z 10 sierpnia br. zespół Stefana Bengtsona ze szwedzkiego Naturhistoriska riksmuseet opublikował trójwymiarowe zdjęcia wewnętrznej budowy skamieniałego embrionu, które umożliwiły przetestowanie hipotez filogenetyków.

Dlaczego wcześniej sprawa wydawała się tak beznadziejna? Wiedza o dzisiejszych organizmach, choćby najbardziej szczegółowa, nigdy nie dostarczy rozstrzygających

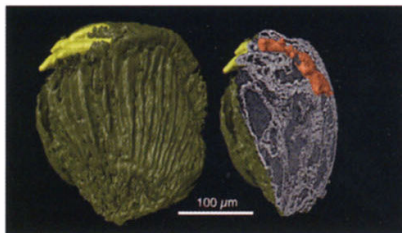
argumentów potwierdzających hipotezę o przebiegu ewolucji. Może ją co najwyżej uprawdopodobnić. Odtwarzając wygląd przodków współczesnych nam zwierząt na podstawie ich anatomicznej różnorodności, badacze zakładają, że cechy najpierwotniejsze są najbardziej powszechne. To one zwykle pojawiają się wcześniej w rozwoju zarodkowym. Przez to są konserwowane ewolucyjnie (nie ulegają szybkim zmianom), bo nawet drobne modyfikacje wczesnych stadiów formowania się zarodka mają ogromny wpływ na późniejszy jego rozwój i szansę przeżycia.

Badając zarodki dzisiejszych zwierząt, nie da się jednak identyfikować tych cech pradawnych organizmów, które pojawiały się u nich na późniejszym etapie rozwoju, świadczących o anatomicznej złożoności oraz funkcjonowaniu w środowisku. W rezultacie wszystkie proponowane przez zoologów hipotetyczne formy przejściowe między typami królestwa zwierząt przypominają larwy lub zarodki współcze-

OBRAZ TOMOGRAFICZNY wczesnokambryjskiego zarodka *Markuelia* z Chin. Położenie aparatu gębowego (na górze), oznaczone różnymi kolorami kolejne pierścienie jego elementów (na dole).



TOMOGRAFICZNY PRZEKRÓJ
podłużny zarodka *Markuelia*.
Kolce przyodbytowe
oznaczone są na żółto,
a przebieg jelita na czerwono.



KAPIEL W KWASIE

Pierwsze oznaki rewolucji w zastosowaniu danych paleontologicznych do odtwarzania filogenezy niełatwo było dostrzec, ponieważ dokonywały się na polu badań odległym od biologii. Wynikły z potrzeb rozpoznania geologicznego przy okazji intensywnych poszukiwań złóż ropy i gazu w drugiej połowie XX wieku. Przełom dokonał się w 1962 roku, kiedy naukowcom rosyjskim pozwolono znów podróżować na Zachód, najpierw ten najbliższy – do Polski. W Warszawie pojawili się wówczas dwaj geolodzy z Moskwy, Władimir W. Missarżewski i Aleksy J. Rozanow, przywożąc ze sobą próbki skał z Syberii. W techniki chemicznego wydobywania z nich cennych skamieniałości wprowadził ich twórca warszawskiej szkoły paleontologii Roman Kozłowski, który wykorzystywał je jeszcze przed II wojną światową. Już pierwsza próbka wczesnokambryjskiego wapienia z Syberii, którą młodzi rosyjscy badacze rozpuszcili w kwasie octowym, zawierała mnóstwo szczątków nieznanych dotąd organizmów. Niebawem okazało się, że drobne skamieniałości przesycone fosforanem wapnia występują masowo w kambryjskich skałach na wszystkich kontynentach.

snych nam organizmów, a nie stadia dorosłe. Zgodnie z takim podejściem nasi przodkowie mieli mikroskopijne rozmiary i bardzo prostą budowę ciała. Szansy na paleontologiczną weryfikację tych wyobrażeń nie brano pod uwagę, dlatego w latach pięćdziesiątych ewolucjonistów ogarnęło zniechęcenie. Oddali pole zwolennikom określania jedynie stopnia pokrewieństwa między dziś żyjącymi organizmami na podstawie danych anatomicznych bądź molekularnych.

Nadszedł jednak czas nowych technik chemicznego wydobywania skamieniałości ze skał i pojawiło się mnóstwo tajemniczych znalezisk, a wśród nich mikroskopijne kuliste struktury z wczesnokambryjskich skał Syberii, którym naukowcy nadali nazwę rodzajową *Markuelia*. Przez długi czas nie przyciągały one niczyjej uwagi, aż w latach dziewięćdziesiątych zajął się nimi Stefan Bengtson. Korzystając z elektronowej mikroskopii skaningowej, stwierdził, że tajemnicza skamieniałość to zwinięty wewnątrz osłonki jajowej zarodek wczesnokambryjskiego robaka. Odkrycie to miało oszałamiające konsekwencje. Po pierwsze, umożliwiło badania embriologiczne organizmów wymarłych ponad pół miliarda lat temu. Po drugie, dostarczyło mocnego argumentu filogenetykom molekularnym, którzy konstruują drzewa rodowe na podstawie podobieństwa i odmienności genomów organizmów, a tempo pojawiania się mutacji szacują na podstawie danych paleontologicznych.

Skamieniały kambryjski embrion pozwolił więc na pierwszą prawdziwą weryfikację najbardziej fundamentalnych teorii filogenetyki molekularnej. Wbrew stuletniej tradycji głosiła ona, że swobodnie żyjące stadia larwalne bezkręgowców są późne ewolucyjnie. A tu – na potwierdzenie danych molekularnych – mamy skamieniałość wczesnokambryjskiego robaka, który jest już niemal w pełni uformowany anatomicznie. Prawdopodobieństwo, że taki rozwój bez stadium larwalnego może być wtórny, jest znikome, wziąwszy pod uwagę bliskość początku ewolucji świata zwierząt. To raczej dzisiejsze organizmy są odległe od zwierzęcego pierwowzoru,

bo powstały w wyniku ciągnących się pół miliarda lat przemian, które zamazują pierwotny zapis ewolucyjny i niekiedy odwracają jego sens.

Nadal jednak niewiele wiadano o anatomii tych cennych kambryjskich embrionów. Za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego bada się bowiem tylko powierzchnię próbki, a dotychczasowe techniki analizy wnętrza obiektów mikroskopowych techniką obrazowania tomograficznego wymagałyby skrawania lub stopniowego naszlifowywania skamieniałości. Paleontolodzy mieli wielkie opory przed pocięciem tak rzadkich okazów.

Na szczęście pomógł postęp techniki. Badanie wnętrza mikroskopijnych obiektów stało się możliwe dzięki zastosowaniu nowej techniki tomografii komputerowej wykorzystującej synchrotronowe promieniowanie rentgenowskie w szwajcarskim Paul-Scherer-Institut, które umożliwia prześwietlanie z rozdzielczością poniżej mikrometra. Zespół badaczy kopalnych embrionów połączył więc siły ze znawcami technik mikroskopii rentgenowskiej i tomograficznego obrazowania skamieniałości i zajął w głąb wczesnokambryjskich embrionów.

Zachwyt wzbudziły już pierwsze zdjęcia, o których badacze donoszą na łamach *Nature*. Na ich podstawie udało im się odtworzyć budowę aparatu gębowego zarodków *Markuelia* z Chin i Syberii. Otrzymali ostateczny dowód, że te skamieniałości naprawdę są wczesnymi stadiami rozwojowymi pierwotnych obleńców i że anatomia różnych wczesnokambryjskich gatunków podlega jednemu planowi budowy. Wewnętrzna anatomia zarodków uwiadcza też odmienności różnych stadiów mineralizacji, co pozwala zidentyfikować struktury pochodzenia biologicznego i wtórne. Odkrycie to dostarczyło wystarczających argumentów na odrzucenie wcześniejszych sugestii, że niektóre z kambryjskich embrionów należały do stawonogów (co przesunęłoby wstecz dotychczas uznawany czas ich pojawienia się w zapisie kopalnym). Osłabiało również interpretację kontrowersyjnych prekambryjskich skamieniałości, które część naukowców uważa za zwierzęce zarodki. Wyniki tych badań potwierdziły również rozwijaną w ostatnich latach wspólnie przez paleobiologów i filogenetyków molekularnych teorię wczesnej filogenezy zwierząt. Wszystko wskazuje na to, że udało się przełamać kolejne ograniczenie w poznawaniu ewolucyjnej historii świata żywego zapisanej w skałach. ■