

Dawid Surmik^{1,2} & Andrzej Pelc³

¹ Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; e-mail: dawid@surmik.pl

² Zakład Paleobiologii Ewolucyjnej, Instytut Paleobiologii, Wydział Nauk Biologicznych, Polska Akademia Nauk, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa

³ Zakład Spektrometrii Mas, Instytut Fizyki, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, pl. Marii Curie-Skłodowskiej 1, 20-031 Lublin

Badania nad paleofizjologią kopalnych kręgowców są ostatnio bardzo modne. Stanowią one kompilację danych uzyskanych wieloma komplementarnymi metodami z zakresu fizjologii (badania współczesnych form, zgodnie z zasadą aktualizmu) i geochemii izotopowej. Wśród naukowych dysput dotyczących paleofizjologii szczególnie interesujące stały się kwestie gospodarki termicznej u gadów kopalnych, które najścisiej dyskutowane są w kręgach badaczy dinozaurów (zob. dyskusja w Ruben et al., 1996).

Obecnie najbardziej pewną metodą badawczą w wyjaśnianiu gospodarki termicznej wymarłych kręgowców jest analiza stabilnych izotopów tlenu w fosforanach zawartych w szkieletie zębowym. Pomocniczo korzysta się także z analiz geochemicznych i strukturalnych skamieniałych ekskrementów, zwracając przy tym uwagę na skład elementarny i fazowy próbki, oraz stopień przeobrażenia (degradacji) resztek pokarmu.

Badania zawartości izotopów stabilnych tlenu szkieletu zębowego przeprowadzone na zębach gadów morskich jury i kredy (Bernard et al., 2010; Motani, 2010) wskazują, że ichtiozaury i plezjozaury późniejszego mezozoiku mogły być zwierzętami o gospodarce homeotermicznej („stałocieplnej”). Nie ma jednak jednoznacznych danych dotyczących gospodarki termicznej bazalnych przedstawicieli gadów morskich z triasu, choć przyjmuje się, że były gadami pojkilotermicznymi („zmiennocieplnymi”).

Jednym z założeń projektu badawczego „Gady morskie i lądowe na tle środowiska triasu środkowego południowej Polski”, realizowanego na Uniwersytecie Śląskim jest odpowiedź na pytanie kiedy pojawiła się, i jak ewoluowała homeotermia u gadów morskich. Projekt jest współrealizowany w kooperacji z Zakładem Spektrometrii Mas Instytutu Fizyki UMCS w Lublinie, w którym wykonywane są analizy izotopów stabilnych tlenu, pozyskanych ze szkieletu zębowego różnych przedstawicieli bazalnych Sauropterygia oraz innych gadów ziemnowodnych, współwystępujących z nimi w środowisku. Wartości delt izotopowych tlenu $\delta^{18}\text{O}$ wyznacza się względem międzynarodowego wzorca VSMOW (Vienna Standard Mean Ocean Water).

Prócz próbek kopalnych, analizom poddawane są także zęby współczesnych zwierząt, o znanej fizjologii, ale zamieszkujących, podobnie jak notozaurowy, wyspy i płytkowodne środowiska blisko linii brzegowej np. legwany morskie (*Amblyrhynchus cristatus* Bell, 1825). Podczas interpretacji wyników brana jest także pod uwagę sygnatura izotopowa środowiska, wraz z licznymi zmiennymi parametrami środowiska, które mogą mieć wpływ na frakcjonowanie izotopów tlenu (batymetria zbiornika, zasolenie, cykliczność klimatyczna, wtórne zmiany diagenetyczne skał i samych skamieniałości).

Dotychczas przeprowadzone w ramach projektu analizy izotopów tlenu w szkieletie zębowym gadów morskich rzucają nieco światła na termofizjologię bazalnych Sauropterygia. Wyniki pokazują, że wyższe wartości delty tlenowej dotyczą próbek szkieletu zębowego niewielkich zwierząt, z kolei niższe charakteryzują materiał odontyczny reprezentujący większe zwierzęta. Najwyższa wartość $\delta^{18}\text{O}$ wynosząca 22,95 dotyczyła materiału małego osobnika *Placodus*, z kolei najniższa war-

tość $\delta^{18}\text{O}$ wynosząca 17,67 dotyczyła zębów bardzo dużego notozaura.

Po podstawieniu wyznaczonych wartości delt ($\delta^{18}\text{O}_{\text{fosforan}}$) do równania Longinelliego i Nutiego (1973):

$$T = 111.4 - 4.3 (\delta^{18}\text{O}_{\text{fosforan}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{woda}}),$$

otrzymano przybliżone uśrednione wartości temperatury biologicznie kontrolowanej krystalizacji apatytu szkieletu zębowego, które w bezpośredni sposób odpowiadają temperaturze ciała zwierzęcia.

Okazuje się, że wysokie wartości delty tlenowej świadczą o niskiej temperaturze ciała, wynoszącej 20-kilka stopni C i przeciwnie – niskie delty tlenowe odpowiadają wysokiej temperaturze ciała, w przypadku analizowanych próbek powyżej 30°C. Istnieje zatem wyraźna korelacja pomiędzy rozmiarem ciała zwierzęcia, a temperaturą jego krwi. U dużych gadów morskich temperatura ta jest wyższa, niż w przypadku mniejszych osobników.

Zjawisko takie nazywa się gigantotermią i jest charakterystyczne dla zauropodów, jak również części mezozoicznych gadów morskich (ichtiozaurów i mozazaurów) oraz współczesnych żółwi skórzastych. Fenomen gigantotermii polega na utrzymaniu stałej i relatywnie wysokiej temperatury ze względu na samą masę ciała i stanowi swego rodzaju „pseudostałocieplność”.

Gady, także współczesne, rosną przez całe życie, a ich rozmiary zależą od ilości pożywienia w środowisku. Tzw. „gigantyzm wyspowy” (ang. *insular gigantism*), znany np. u waranów z Komodo, polega na tym, że w izolowanych ekosystemach (np. wyspach), w których dany gatunek nie ma naturalnych wrogów i jest dostatek pożywienia, gady, będące na samym szczycie piramidy troficznej osiągają gigantyczne rozmiary.

Przebywając w ramach projektu *SYNTHESES: the European Union-funded Integrated Activities* na Uniwersytecie Humboldta w Berlinie jeden z autorów (D. Surmik) miał możliwość oglądać bogate zbiory szczątków triasowych gadów morskich w Museum für Naturkunde. Pochodzące z terenu środkowych Niemiec pojedyncze okazy kości kończyn notozaurów niekiedy miały rozmiary kilkudziesięciu centymetrów, sugerując, że długość ciała tych zwierząt osiągała nawet ponad 6 m. Dostępne dane literaturowe, najczęściej wskazują na długość ciała tego gatunku do 4 m.

W obrębie bazalnych Sauropterygia wyróżnia się dwie główne grupy morskich gadów, różniące się strategiami adaptacyjnymi, które doprowadziły do objęcia przez te grupy niszy ekologicznych środowiska morskiego. Klad Nothosauroida obejmował gady ziemnowodne świetnie przystosowane do życia w płytkowodnym środowisku blisko linii brzegowej lub w obrębie wewnątrzplatformowych basenów epikontynentalnego morza. Grupa ta jednak wymarła bezpotomnie w triasie.

Z kolei przedstawiciele Pistosauroida w okresie triasu pozostawali w niskiej różnorodności, występując w epikontynentalnych morzach, jednak pod okresu triasowego, lecz szybko zdobyli otwarte morza, ewoluując we w pełni morskie plezjozaury czy pliozaury znane z jury i kredy.

Na podstawie analizy powyżej opisanych zjawisk pojawia się pytanie: „Czy stopniowe przejście z pojkilo- do homeotermii, którego etapem mogło być pojawienie się gigantotermii, było kluczem do podboju oceanów w późniejszym mezozoiku?”.

Już we wczesnym etapie ewolucji Sauropterygia pojawiały się inne, korzystne adaptacje, które pozwalały na powolne uniezależnienie się od bliskości lądu, chociażby pojawienie się u notozaurów, czy pachypleurozaurów jajożyworodności, ważnego etapu w biologii rozrodu u bazalnych Sauropterygia, który utrwalił się u ich jurajskich i kredowych potomków.

Projekt badawczy został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki na podstawie decyzji numer DEC-2011/01/N/ST10/06989

BIBLIOGRAFIA:

- Bernard, A. et al., 2010. Science, 328: 1379–1382.
Longinelli, A. & Nuti, S., 1973. Earth and Planetary Science Letters, 20: 337–340
Motani, R., 2010. Science, 328: 1361–1362.
Ruben, A. et al., 1996. Science, 273: 1204–1207.