

Zastosowanie metod statystycznych i graficznych w analizie zdeformowanych tektonicznie trylobitów z rodziny *Ellipsocephalidae* Matthew, 1887 z kambru Gór Świętokrzyskich

POLEO
2013
TYNIEC

Jakub Nowicki¹, Anna Żylińska² & Adrian Kin^{3*}

¹ Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; e-mail: j.nowicki@student.uw.edu.pl

² Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; e-mail: anna.zylinska@uw.edu.pl

³ Stowarzyszenie Przyjaciół Nauk o Ziemi Phacops, Targowa 29, 90-043 Łódź

Trylobity z rodziny *Ellipsocephalidae* Matthew, 1887 występują powszechnie w kambrze Gór Świętokrzyskich (np. Żylińska, 2013). Z uwagi na długą historię geologiczną tych utworów, skamieniałości trylobitów są często zdeformowane, co może prowadzić do błędów w oznaczeniach taksonomicznych. Przykładem wpływu deformacji tektonicznych na oznaczenia taksonomiczne jest populacja trylobitów, zaliczonych przez Orłowskiego (1985) do dwóch gatunków – *Comluella oratrix* i *Comluella igrzycznae*. Badane okazy pochodzą z piaskowców formacji z Ociesek reprezentujących drugi oddział kambru (poziom *Holmia*–*Schmidtellus*) z kilku odsłoneń regionu kieleckiego Gór Świętokrzyskich.

Najważniejsze cechy, jakie dotychczas stanowiły podstawę rozróżnienia badanych gatunków to: 1) różnice w proporcjach kranidium – u *C. oratrix* jest ono relatywnie szersze niż u *C. igrzycznae*, oraz 2) obecność kolca policzkowego u *C. oratrix* oraz jego brak u *C. igrzycznae*.

Zbadano około 900 okazów; zmierzono parametry dla 182 kranidiów, z czego dane morfometryczne dla 121 najlepiej zachowanych wybrano do dalszych analiz. W celu przeanalizowania różnic proporcji kranidiów zastosowano metody statystyczne porównujące pary zmiennych oraz metody wielu zmiennych (analizę głównych składowych, ang. Principal Components Analysis, PCA, oraz analizę dyskryminacyjną). Wszystkie metody statystyczne były aplikowane przy użyciu

programu PAST 2.07 (Hammer et al., 2001). Ponadto, niektóre okazy poddano retrodeformacji graficznej (Srivastava & Shah, 2006).

Porównanie par zmiennych jest metodą umożliwiającą analizę parametrów równoległych, co wyklucza wpływ późniejszych deformacji na wynik (Hughes & Jell, 1992). Metoda ta nie wychwytuje wszystkich różnic morfologicznych, zatem ma zastosowanie głównie we wstępnej analizie. Zgodnie z oczekiwaniami stopień korelacji przy porównywaniu parametrów równoległych w obrębie populacji obejmującej obydwa typy morfologiczne (*oratrix* i *igrzycznae*) był bardzo dobry ($r=0.9$; $p<0.001$), zaś w przypadku par parametrów prostopadłych korelacja była wyraźnie niższa ($r=0.7$; $p<0.001$). Taki wynik może wskazywać na czynnik tektoniczny wpływający na proporcje badanych kranidiów.

Analizy wielu zmiennych pozwalają na wychwycenie różnic pomijanych przy analizie dwóch parametrów. Podstawową metodą w tym przypadku jest analiza głównych składowych (PCA), polegająca na traktowaniu zbioru danych jako chmury punktów w przestrzeni K-wymiarowej, gdzie K jest liczbą zmiennych. Chmura danych jest poddawana takiej zmianie współrzędnych, by zmaksymalizować wariancję pierwszej nowej współrzędnej; procedurę tę przeprowadza się dla każdej kolejnej współrzędnej. Do PCA na badanym materiale wybrano 8 parametrów kranidiów: 4 mierzone sagi-

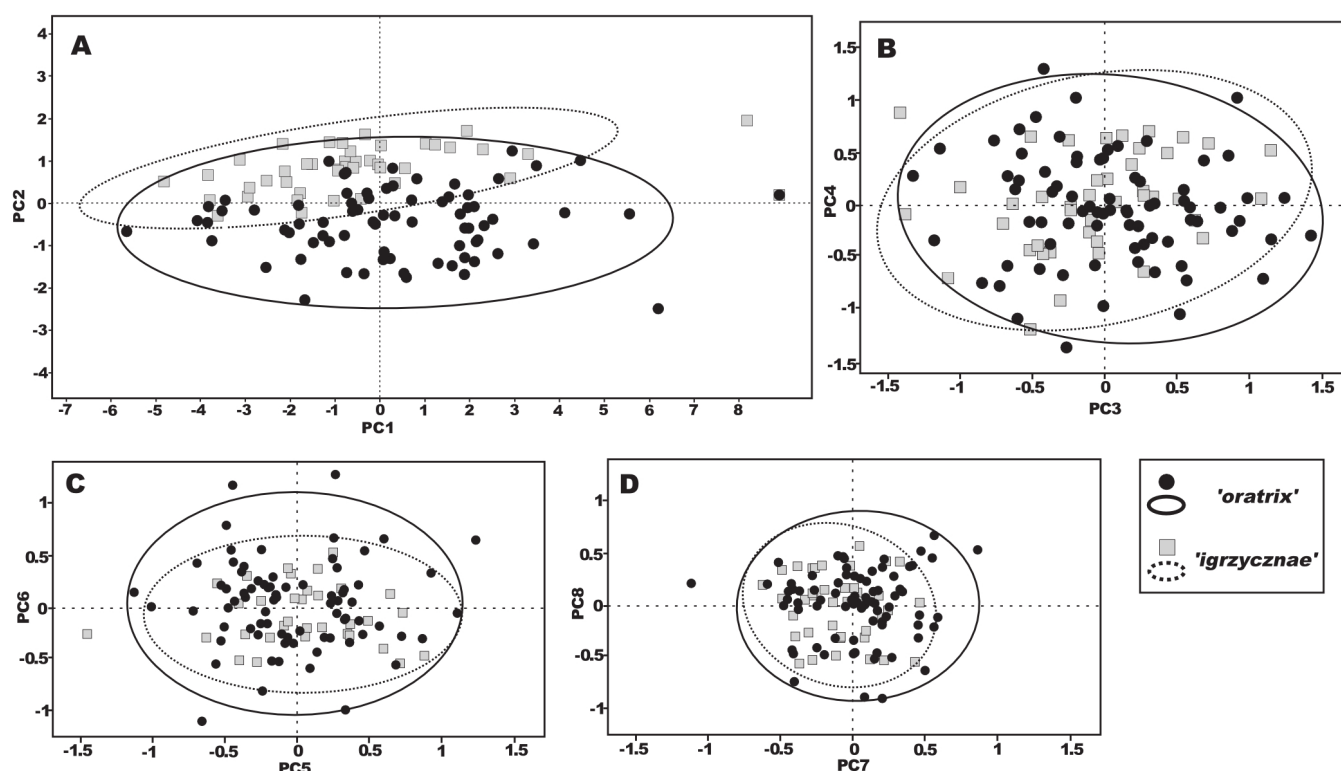


Fig. 1. Wykresy wartości głównych składowych dla badanej populacji: A: PC1 i PC2; B: PC3 i PC4; C: PC5 i PC6; D: PC7 i PC8. Elipsy wyznaczają 95% przedział ufności. Morfotypy wyodrębnione są jedynie w przypadku PC2 interpretowanej jako deformacja tektoniczna.

talnie (wzdłuż osi trylobita) oraz 4 mierzone poprzecznie. Po zastosowaniu PCA, w analizowanej populacji pierwsza główna składowa (PC1) objęła 75,5% ogólnej wariancji grupy i powinna być interpretowana jako zmienność związana ze wzrostem rozmiaru badanych obiektów. Druga główna składowa (PC2) odpowiadała za 11,2% zmienności (Fig. 1A). Co ważne, ładunki (stałe przyporządkowywane pierwotnym zmiennym) miały ten sam znak w przypadku parametrów równoległych do siebie i przeciwny – w przypadku parametrów prostopadłych. Można stąd wnioskować, że przyczyną zmienności PC2 może być deformacja tektoniczna. Pozostałe główne składowe obejmujące w sumie 13,3% zmienności opisują różnorodność morfologiczną badanej populacji. Nie ma jakiegokolwiek różnicy między postulowanymi dotychczas (Orłowski, 1985) taksonami (Fig. 1B–D), co przemawia za jednorodnością badanej populacji, zaś różnice pomiędzy obydwoma morfotypami wynikałyby z czynnika tektonicznego.

Dodatkowym testem badanego zespołu skamieniałości była analiza dyskryminacyjna, sprowadzająca wieloparametrowy zestaw danych do jednego wymiaru tak, aby zmaksymalizować odległość między zadanymi grupami. Analiza ta wykazała bardzo duże pokrywanie się zadanymi grup, ponadto błąd w zaliczeniu do odpowiedniego morfotypu pojawił się w przypadku 11% badanych okazów. Po weryfikacji i ponownym zastosowaniu PCA żaden z morfotypów nie wyodrębnił się.

Kolejną zastosowaną metodą była retrodeformacja graficzna przeprowadzona na płytkach piaskowca z kilkoma zdeformowanymi kranidiami ułożonymi w jednej płaszczyźnie lecz o osiach położonych w różnych kierunkach. Retrodeformacja

została wykonana techniką proponowaną przez Srivastavę i Shaha (2006). Efektem retrodeformacji są okazy o oryginalnych proporcjach oraz elipsy opisujące rozkład naprężeń. Po retrodeformacji graficznej znikają różnice między okazami zaliczonymi do *C. oratrix* i *C. igrzycznae*.

Różnice jakościowe pomiędzy badanymi taksonami (m.in. obecność lub brak kolca policzkowego) zostały zweryfikowane przez wnikliwą analizę zgromadzonej kolekcji okazów jako wynikające z procesów tafonomicznych (Żylińska et al., w druku) i tym samym nie mogą stanowić podstawy do różnicowania odrębnych gatunków.

Przeprowadzone analizy wskazują, że gatunki wyznaczone przez Orłowskiego (1985), tj. *C. oratrix* i *C. igrzycznae* są tektonicznymi morfotypami. W świetle aktualnej systematyki rodziny Ellipsocephalidae (Geyer, 1990), badana populacja powinna być zaliczona do rodzaju *Berabichia* Geyer, 1990 i tym samym przyjąć pełną nazwę: *Berabichia oratrix* (Orłowski, 1985) (Żylińska et al., w druku).

**Adrian Kin był jednym z pomysłodawców niniejszych badań. Zmarł w 2012 roku.*

BIBLIOGRAFIA:

- Geyer, G., 1990. *Beringeria*, 3: 3–363.
 Hammer, Ø., et al., 2001. *Palaeontologia Electronica*, 4: 1–9.
 Hughes, N. C. & Jell, P. A., 1992. *Lethaia*, 25: 317–330.
 Orłowski, S., 1985. *Acta Geologica Polonica*, 35: 231–250.
 Srivastava, D. C. & Shah, J., 2006. *Geology*, 34: 593–596.
 Żylińska, A., 2013. *Przegląd Geologiczny*, 61: 30–39.
 Żylińska, A., et al., w druku. *Geodiversitas*.