

RAFAŁ P. PIPEK

*Zakład Anatomii Porównawczej
Instytut Zoologii
Uniwersytet Jagielloński
Ingardena 6, 30-060 Kraków
E-mail: rafal.piprek@uj.edu.pl*

MORFOLOGICZNE ZRÓŻNICOWANIE PLEMNIKÓW WŚRÓD PŁAZÓW BEZOGONOWYCH

Komórki rozrodcze, a więc plemniki i komórki jajowe, biorą udział w zapłodnieniu i tym samym są kluczowe dla przedłużania istnienia gatunku. Plemniki (ang. spermatozoa) powstają w jądrach na drodze spermatogenezy oraz ostatecznego procesu ich kształtowania, czyli spermiogenezy. Generalnie, w obrębie plemnika można wyróżnić główkę oraz witkę, która składa się z szyjki, wstawki i ogona. Witka stanowi jego część motoryczną, zapewniającą gamecie ruch postępowy. Plemniki są najbardziej zróżnicowanymi komórkami w świecie zwierząt. Ich cechy własne są często odmienne i typowe dla poszczególnych gatunków. Ze względu na specyfikę ich budowy oraz niezwykłość, plemniki płazów bezogonowych zasługują na szczególną uwagę.

Główka plemnika płazów bezogonowych (Anura) w części szczytowej pokryta jest akrosomem, który jest płaskim pęcherzykiem zawierającym enzymy umożliwiające penetrację plemnika przez osłonki komórki jajowej podczas zapłodnienia. Pod akrosomem najczęściej znajduje się perforatorium mające postać pręta lub stożka zbudowanego z włókien białkowych. Struktura ta jest ważna w procesie zapłodnienia (JAMIESON 2003). U większości gatunków występuje perforatorium stożkowe okrywające przednią część jądra, podczas gdy u niektórych gatunków dodatkowo występuje wydłużone perforatorium osiowe przechodzące przez kanał, który biegnie wewnątrz jądra plemnika (Ryc. 1A). U podstawy jądra plemnika zazwyczaj wyróżnia się dołek mieszczący centriolę, która

jest cylindrycznym organelum stanowiącym centrum organizacji aksonemy, która z kolei tworzy szkielet witki. U większości gatunków występuje centriola proksymalna, położona bliżej jądra oraz centriola dystalna, która jest podstawą witki i stanowi jednocześnie początkowy odcinek aksonemy. Aksonema składa się z dwóch mikrotubul otoczonych dziewięcioma mikrotubularnymi dubletami (9+2). W początkowej części wstawki, mieszczą się zwykle mitochondria dostarczające energię dla witki stanowiącej narząd ruchu plemnika. Błona komórkowa rozpostarta między witką a włóknem osiowym tworzy błonkę fałującą. Wewnątrz błonki fałującej występuje materiał elektronowo-gęsty, który tuż przy aksonemie tworzy włókno przyaksonemalne.

Pierwsi przedstawiciele rzędu płazów bezogonowych pochodzą z początku mezozoiku, ok. 230-200 mln lat temu. Mimo że jest to grupa stosunkowo stara, obecnie żyjące płazy bezogonowe cechuje małe zróżnicowanie morfologiczne ciała. Można wyróżnić wśród nich gatunki bardziej bazalne zgrupowane w podrząd Archaeobatrachia (5 rodzin, 28 gatunków), podczas gdy większość gatunków zalicza się do grup bardziej zaawansowanych: Mesobatrachia (6 rodzin, 197 gatunków) oraz Neobatrachia (27 rodzin, ok. 5,7 tys. gatunków). Tak więc ogromną większość współczesnych płazów bezogonowych łączy się w podrząd Neobatrachia, w którym wyróżnia się dwie nadrodziny: Hyloidea (m.in. rzekotki i ropuchy) oraz Ranoidea (m.in. żaby) (ROELATS i współaut. 2007). Jednak mimo swej jedno-

litości morfologicznej płazy wykazują bardzo różnorodne systemy rozrodcze, co znajduje

odzwierciedlenie w budowie struktur związanych z rozmnażaniem.

MORFOLOGIA PLEMNİKÓW POSZCZEGÓLNYCH RODZIN ANURA

PODRZĄD: ARCHAEOBATRACHIA

Rodzina: ogończakowate – Ascaphidae

Jest to najbardziej bazalna grupa płazów bezogonowych. W plemnikach północnoamerykańskiej żaby ogoniastej *Ascaphus* można odnaleźć prymitywne cechy budowy takie jak obecność perforatorium osiowego, które znajduje się w kanale endonuklearnym przechodzącym przez znaczną część jądra plemnika (JAMIESON i współaut. 1993). Szczytowy odcinek jądra jest otoczony przez akrosom oraz perforatorium stożkowe (Ryc. 1A). Ogon plemnika jest stosunkowo gruby, gdyż składa się z aksonemy bezpośrednio przylegającej do włókna osiowego, co jest powodem braku błonki fałdowej. Mitochondria są rozmieszczone w zagłębieniach włókna osiowego.

Rodzina: kumakowate – Bombinatoridae

Plemniki kumaków (*Bombina*) są lekko wygięte na kształt sierpu (FURIERI 1975, PUGIN-RIOS 1980). Grube, tępo zakończone perforatorium osiowe położone jest w szerokim kanale endonuklearnym we wnętrzu jądra komórki (Ryc. 1B, C). Brak jest perforatorium stożkowego, a stosunkowo niewielki akrosom nakrywa jedynie wystającą z jądra część perforatorium osiowego. Mitochondria i włókno osiowe są położone w rowku biegnącym przez całą długość jądra. Centriole oraz początek aksonemy leży w przedniej części plemnika tuż za akrosomem. Aksonema jest krótsza niż jądro komórkowe i łączy się z główką plemnika za pomocą błonki fałdowej.

Rodzina: ropuszkowate – Discoglossidae

Plemniki zachodnioeuropejskich krągłogęzyczek (*Discoglossus*) są najdłuższymi plemnikami w świecie zwierząt. Ich długość wynosi 2,5 mm, której znaczną część stanowi główka. Długie, cienkie perforatorium osiowe przechodzi przez wąski kanał endonuklearny (FURIERI 1975, PUGIN-RIOS 1980). Brak jest perforatorium stożkowego, a obszerny akrosom pokrywa większą część jądra. Grube włókno osiowe rozpoczyna się w bazalnym zagłębieniu jądra. Aksonema łączy się z włóknem osiowym za pomocą krótkiej błonki fałdowej, wewnątrz której przebiega włóknisty materiał elektronowo-gęsty, łączący włókno

osiowe z włóknem przyaksonemalnym, które przebiega wzdłuż aksonemy. Plemniki zlepione są w pakiety, co ułatwia ich wyprowadzenie z jąder.

U pęćówki (*Alytes*), podobnie jak w kumaka, grube, tępo zakończone perforatorium osiowe przebiega w szerokim kanale endonuklearnym (PUGIN-RIOS 1980). Akrosom pokrywa zarówno wolny koniec perforatorium, jak i jądro plemnika. Włókno osiowe jest krótsze niż aksonem, dlatego wyróżnia się dwa odcinki ogona: grubszy, składający się z aksonemy i włókna osiowego oraz cieńszy składający się wyłącznie z aksonemy. W odcinku grubszym aksonema łączy się z włóknem osiowym za pomocą błonki fałdowej.

Rodzina: leiopelmy – Leiopelmatidae

U tych nowozelandzkich płazów brak jest perforatorium osiowego, jak również kanału wewnątrz jądra, a obszerny płaski akrosom nakrywa długie perforatorium stożkowe (SCHELTINGA 2002). Mitochondria są zgromadzone poniżej podstawy jądra, w części witki, uformowanej w postaci wstawki. Ogon składa się z aksonemy oraz cienkiego włókna osiowego.

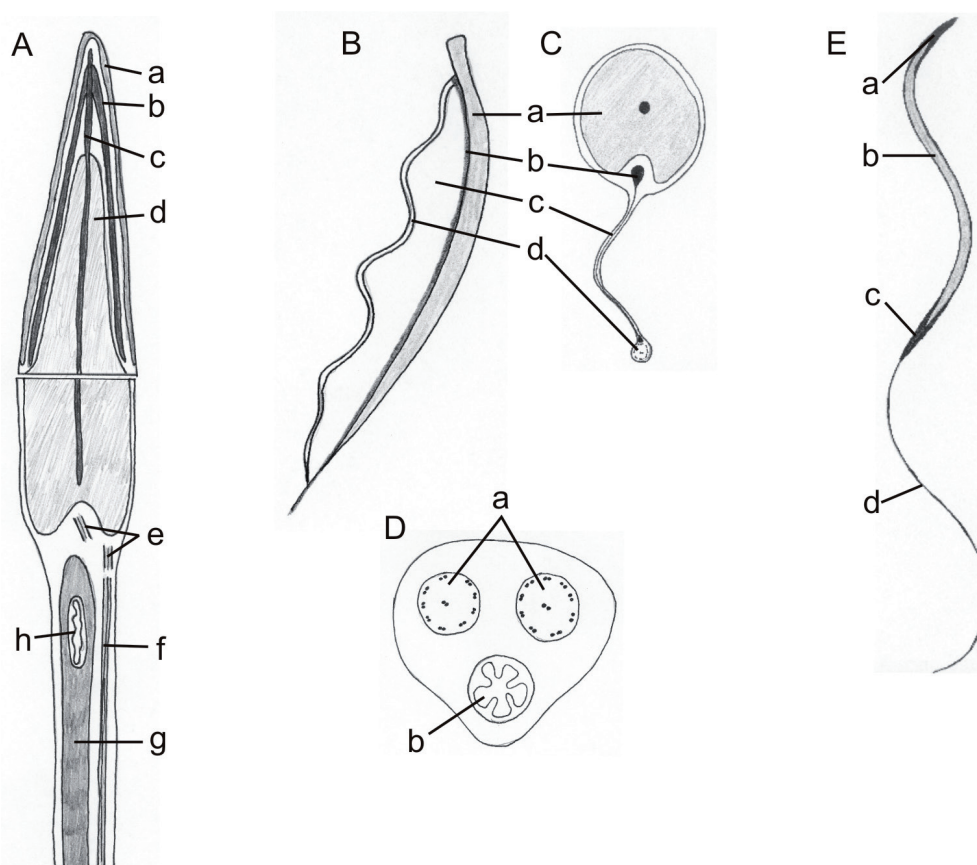
PODRZĄD: MESOBATRACHIA

Rodzina: grzebiuszkowate – Pelobatidae

U eurazjatyckich grzebiuszkowatych (*Pelobatidae*), takich jak *Spea*, stosunkowo gruby ogon plemnika tworzą dwie połączone ze sobą aksonemy, którym towarzyszą wakuole. U grzebiuszki (*Pelobates*) występuje specyficzne perforatorium stożkowe mające postać kilku spiralnych włókien otaczających jądro plemnika (SCHELTINGA 2002). Ogon tworzą dwie aksonemy przebiegające obok siebie, wzdłuż których rozmieszczone są mitochondria (Ryc. 1D). Każda z aksonem ma swój początek w osobnej centrioli, z tego powodu nie wyróżnia się tu centrioli proksymalnej i dystalnej. Podobnie zorganizowane struktury występują u przedstawicieli azjatyckiej rodziny Megophryidae, spokrewnionej z ropuszkowatymi (ASA i PHILLIPS 1988).

Rodzina: nurzańcowate – Pelodytidae

U europejskiego nurzańca (*Pelodytes*) szerokie jądro plemnika jest lekko spiralnie wy-



Ryc. 1. Morfologia plemników w bazalnych grupach Anura (wg JAMIESONA 2003).

A. Plemnik *Ascapthus* zbudowany jest w prymitywny sposób. Wewnątrz jądra komórkowego (d) znajduje się kanał endonuklearny, w którym położone jest perforatorium osiowe (c). Jądro okryte jest przez perforatorium stożkowe (b) oraz akrosom (a). Cetrioła proksymalna i dystalna (e) znajdują się u podstawy jądra. Centriola dystalna stanowi początkowy odcinek aksonemy (f). Drugim elementem szkieletu ogona plemnika jest włókno osiowe (g), przy którym zlokalizowane są mitochondria (h). B i C. Plemniki kumaków (*Bombina*) posiadają sierpowaty kształt, a wzdłuż ich grubego jądra (a) biegnie włókno osiowe (b). Aksonema (d) łączy się z owym włóknem za pośrednictwem błonki falującej (c). D. Przekrój poprzeczny przez ogon plemnika grzebiuszki (*Pelobates*) ukazuje, dwie aksonemy (a), którym towarzyszą mitochondria (b). E. Jedynie w szczytowej części główki plemnika *Xenopus* znajduje się silnie zredukowany akrosom, natomiast wydłużone jądro komórkowe stanowi połowę długości plemnika (b). Mitochondria zlokalizowane są w rozszerzeniu, które jest odpowiednikiem wstawki (c), a ogon (d) stanowi jedynie aksonema

gięte, a wokół niego położone jest włókniste perforatorium stożkowe (PUGIN-RIOS 1980). Mitochondria zgromadzone są we wstawce. W ogonie przebiega aksonema oraz włókno osiowe połączone cienką błoną falującą, w której brak jest włókna przyaksonemalnego.

Rodzina: grzbietorodowate – Pipidae

U afrykańskiej żaby szponiastej (*Xenopus*) stożkowy akrosom pokrywa spiralnie wygięte jądro plemnika (PUGIN-RIOS 1980). Brak jest perforatorium, mitochondria zgromadzone są we wstawce, a ogon tworzy jedynie aksonema (Ryc. 1E).

PODRZĄD: NEOBATRACHIA

Nadrodzina: Hyloidea

Rodzina: ropuchowate – Bufonidae

U ropuch jądro plemnika okryte jest długim akrosomem oraz perforatorium stożkowym (SCHELTINGA 2002). Mitochondria zlokalizowane są w obrębie wstawki, w fałdzie cytoplazmatycznym tworzącym mankiet otaczający początek aksonemy i włókna osiowego, które są połączone ze sobą błoną falującą (Ryc. 2A). W końcowym odcinku ogona błonna falująca nie

jest obecna, a aksonema przebiega tuż przy włóknie osiowym.

Rodzina: żaby szklane (szklenicowate) – Centolenidae

U amerykańskiego *Hyalinobatrachium* szerokie jądro plemnika jest otoczone przez perforatorium stożkowe (SCHELTINGA 2002). Akrosom stanowi cienki pęcherzyk, a mitochondria zlokalizowane są w cytoplazmatycznym mankiecie wstawki. W początkowym odcinku ogona włókno osiowe bezpośrednio przylega do aksonemy, natomiast w dalszej części ogona występuje błonka falująca.

Rodzina: rzekotkowate – Hylidae

U rzekotki śródziemnomorskiej (*Hyla meridionalis*) tylko czubek jądra plemnika jest pokryty przez małe perforatorium stożkowe oraz akrosom (PUGIN-RIOS 1980). Mitochondria mieszczą się we wstawce (Ryc. 2B). Włókno osiowe jest około dwóch razy krótsze od aksonemy, przez co w przedniej części ogona występuje aksonema połączona błonką falującą z włóknem osiowym, natomiast w dalszej części jedynie aksonema. U południowoamerykańskiej dziwaczki arlekin (*Pseudis paradoxa*) brak jest włókna osiowego (SCHELTINGA 2002). Plemniki australijskiego gatunku *Litoria longirostris* charakteryzuje grube włókno osiowe oraz gruba błonka falująca.

U Hylidae można wyróżnić trzy rodzaje błonek falujących: 1) szeroka błonka falująca oraz aksonema jest oddalona od włókna osiowego, u *Litoria*, *Pachymedusa* i *Phyllomedusa*; 2) szeroka błonka falująca wypełniona jest grubym włóknem osiowym, u *Cyclorana*; 3) brak błonki falującej u niektórych *Hyla*, *Acris*, *Pseudis*, *Pseudacris* (Ryc. 2C) (JAMIESON 2003).

Rodzina: żaby południowe (świszkowate) – Leptodactylidae

U południowoamerykańskiej *Pleurodema thaul* występuje szerokie włókno osiowe przebiegające przy aksonemie plemnika. Brak jest perforatorium oraz wstawki. Aksonema u *Alsodes vittatus* łączy się z grubym włóknem osiowym za pomocą błonki falującej. Ogon *Caudiverbera caudiverbera* tworzy jedynie aksonema. Brak włókna osiowego jest również charakterystyczny dla *Telmatobufo australis*, u którego ogon stanowią dwie witki nie połączone ze sobą (Ryc. 2D) (PUGIN-RIOS 1980).

Rodzina: żółwinkowate (żaby australijskie) – Myobatrachidae

U przedstawicieli tej rodziny jądro plemnika jest szerokie, a aksonema połączona błonką falującą z włóknem osiowym, wokół którego zgromadzone są mitochondria (SCHELTINGA 2002).

Rodzina: rinodermy – Rhinodermatidae

U południowoamerykańskiej żaby Darwina (*Rhinoderma darwini*) jądro jest otoczone długim szpilkowatym perforatorium stożkowym oraz cienkim akrosomem (PUGIN-RIOS 1980, SCHELTINGA 2002). Mitochondria u tego gatunku są zlokalizowane w cytoplazmatycznym mankiecie. Ogon plemnika zbudowany jest typowo, a więc włókno osiowe połączone jest z aksonemą błonką falującą.

Nadrodzina: Ranoidea

Rodzina: żaby szuwarowe – Hyperoliidae

U afrykańskiego *Hyperolius punctulatus* stosunkowo cienki akrosom oraz szpilkowate perforatorium stożkowe pokrywają cylindryczne jądro plemnika (SCHELTINGA 2002). W ogonie plemnika występują jedynie dwie aksonemy połączone ze sobą; brak jest włókna osiowego (Ryc. 2E). Mitochondria położone są wokół początku aksonemy.

Rodzina: mantellowate – Mantellidae

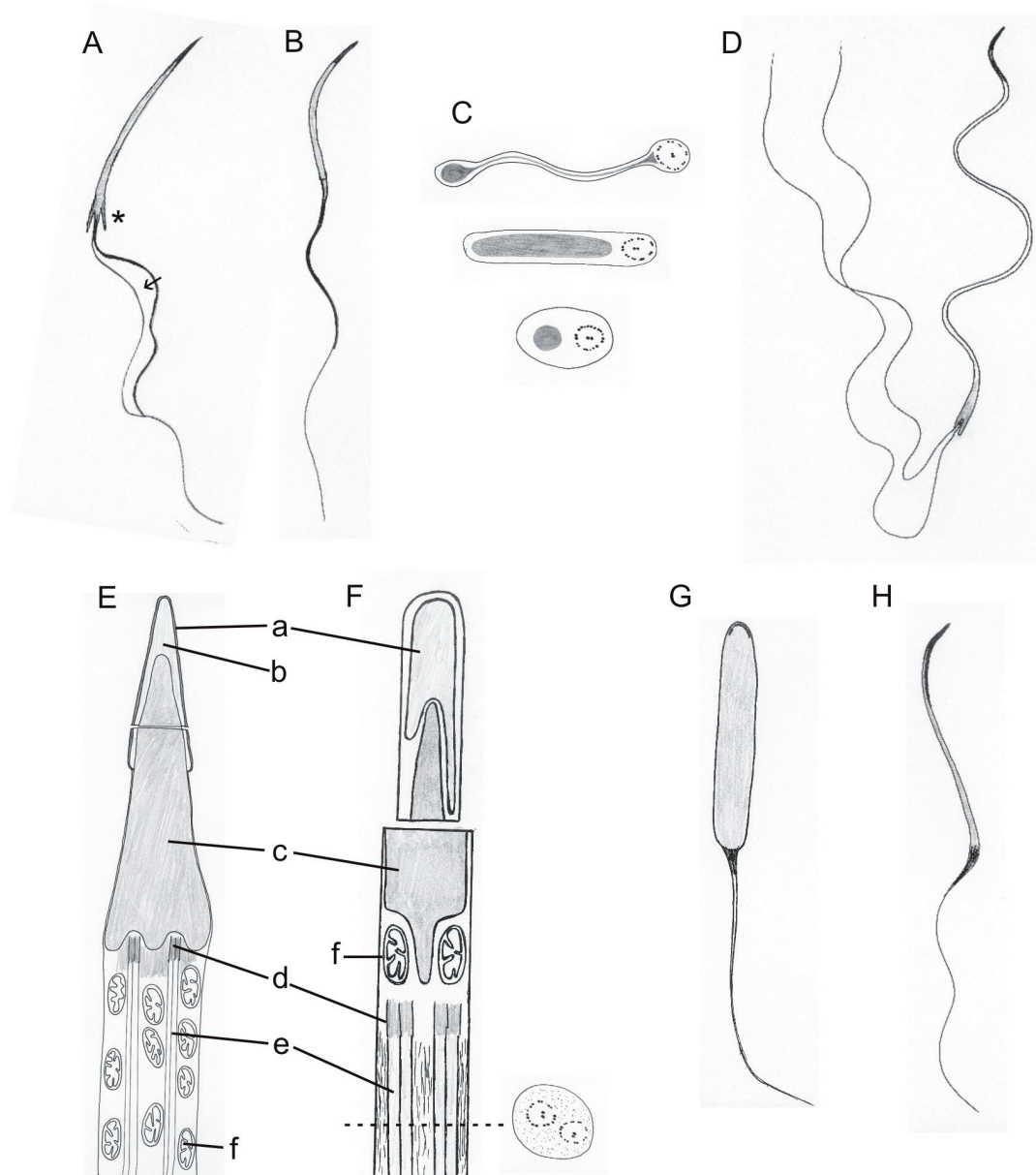
U madagaskarskiego *Mantidactylus majori* brak jest perforatorium, a akrosom ma postać cylindra otaczającego szczytową część jądra plemnika (SCHELTINGA 2002). Ogon składa się wyłącznie z jednej aksonemy.

Rodzina: wąskopyskowate – Microhylidae

W ostro zakończony głowce plemnika znajduje się szpilkowate perforatorium stożkowe oraz cienki akrosom, a ogon składa się jedynie z aksonemy (SCHELTINGA i współaut. 2002). Mitochondria zlokalizowane są w mankiecie.

Rodzina: żabowate – Ranidae

Jądro plemników żab ma kształt cylindryczny i tylko u niektórych gatunków centriole leżą w zagłębieniu bazalnej części główki. Mitochondria otaczają centriole, a mankiety we wstawce jest nieobecny. W ogonach plemników wszystkich gatunków występuje jedynie aksonema; nieobecne jest włókno osiowe ani błonka falująca. U żaby wodnej (*Pelophylax esculentus*) akrosom stanowi stosunkowo niewielki pęcherzyk położony w



Ryc. 2. Struktura plemników płazów z podrzędu Neobatrachia (wg JAMIESONA 2003).

A. W plemnikach ropuchy agi (*Bufo marinus*) wstawkę (*) stanowi fałd cytoplazmatyczny, w którym znajdują się mitochondria. Większą część ogona tworzy aksonema, łącząca się za pomocą błonki falującej (strzałka) z krótkim włóknem osiowym. B. W ogonie plemników rzekotki śródziemnomorskiej (*Hyla meridionalis*) występuje długa aksonema oraz przebiegające tuż przy niej krótsze włókno osiowe. C. Przekroje poprzeczne przez ogony plemników różnych przedstawicieli rodziny rzekotkowatych (Hylidae) – opis w tekście. D. Plemnik jednej z żab południowych *Telmatobufo australis* zaopatrzony jest w dwie oddzielne aksonemy, a mitochondria leżą w cytoplazmatycznym mankiecie otaczającym początkowy odcinek ogona. E. U *Hyperolius* jądro plemnika (c) pokryte jest przez perforatorium stożkowe (b) oraz akrosom (a). W podstawie jądra znajdują się dwa dołki mieszczące centriole (d). Od każdej z dwu centriol odchodzi osobna aksonema (e). Mitochondria towarzyszą początkowym odcinkom aksonem. F. W ultrastrukturach plemników azjatyckich żab latających (np. *Polypedates*) szczytową część jądra (c) asymetrycznie otacza akrosom (a), natomiast brak jest perforatorium. Mitochondria są umiejscowione u podstawy jądra, a przekrój poprzeczny pokazuje dwie aksonemy tworzące witkę plemnika. G. Plemniki żaby wodnej (*Pelophylax esculentus*) charakteryzuje szerokie jądro oraz pojedyncza witka, której szkielet stanowi jedna aksonema. Niewielki akrosom leży w szczytowej części główki plemnika. H. Plemniki żaby trawnej (*Rana temporaria*) cechuje długie cienkie jądro nakryte przez akrosom oraz pojedyncza aksonema w witce.

szczytowej części jądra (Ryc. 2G) (PUGIN-RIOS 1980). Plemniki żaby trawnej (*Rana temporaria*) mają kształt szpilkowaty, a akrosom asymetrycznie pokrywa jeden z boków jądra oraz jego przedni koniec (Ryc. 2H).

Rodzina: żaby latające (nogolotkowate) – Rhacophoridae

U przedstawicieli tej rodziny jądro plemnika ma postać spiralnie zwiniętego cylindra, brak jest perforatorium, a akrosom asyme-

trycznie pokrywa jądro. Mitochondria występują przy aksonemie lub przy jądrze. Ogon plemnika *Buergeria* i *Philautus* tworzy jedna aksonema, podczas gdy u *Chiromantis*, *Polypedates* i *Rhacophorus* występują dwie aksonemy, wokół których przebiegają liczne drobne włókienka osiowe (Ryc. 2F) (KURAMOTO i JOSHY 2001, JAMIESON 2003).

WNIOSKI

Porównanie budowy plemników poszczególnych grup płazów bezogonowych pokazuje, że są to komórki różnorodne. Poszczególne elementy budowy plemników podlegały wielu zmianom na drodze ewolucji. U wszystkich gatunków płazów występuje akrosom, który zazwyczaj symetrycznie pokrywa perforatorium, jednak może on być związany z jądrem lub może być od niego oddzielony innymi strukturami. Perforatorium osiowe położone w kanale endonuklearnym jest charakterystyczne dla niższych czworonogów i występuje w plemnikach przedstawicieli bazalnych rodzin płazów bezogonowych, takich jak ogończakowate (Ascaphidae), kumakowate (Bombinatoridae), ropuszkowate (Discoglossidae), a więc u wszystkich Archaeobatrachia z wyjątkiem rodzaju *Leiopelma*. W podrzędach Mesobatrachia i Neobatrachia perforatorium osiowe zostało wtórnie utracone. Perforatorium stożkowe otacza przednią część jądra plemnika. Struktura ta została wtórnie utracona u kumakowatych (Bombinatoridae), grzbiatorodowatych (Pipidae), niektórych świstkowatych (Leptodactylidae), żab (Ranidae) i nogolotkowatych (Rhacophoridae), a u grzebiuszkowatych (Pelobatidae) ma wyjątkową postać kilku spiralnych włókien.

Jądro plemnika jest niemal zawsze wydłużone i może przyjmować kształt szpilkowaty lub cylindryczny. U podstawy jądra występuje dołek, w którym mieści się centriola, co jest cechą pierwotną. U niektórych gatunków dołek ten nie zawiera centrioli, natomiast w przypadku występowania dwóch aksonem centriole mieszczą się w dwóch osobnych dołkach. Widoczna jest zależność: im lepiej jest rozwinięta witka, tym głębszy jest dołek w podstawie jądra. Centriole wszystkich płazów bezogonowych charakteryzuje typowa budowa 9+2, jednak mogą one być różnie

ułożone względem siebie: prostopadle (pierwotny typ), równolegle lub skośnie.

Bardzo różnorodne jest rozmieszczenie mitochondriów w plemnikach. Zazwyczaj są one zlokalizowane blisko podstawy jądra lub w początkowym odcinku witki, tworząc rozszerzenie zwane wstawką. Mitochondria mogą być połączone z włóknem osiowym lub z aksonemą i umiejscowione w cytoplazmatycznym mankiecie otaczającym początek ogona.

„Narząd ruchu” plemnika (witka), wykształcony w sposób pierwotny, ma postać aksonemy połączonej błoną falującą z włóknem osiowym, od którego odchodzi materiał łączący to włókno z włókienkiem przyaksonemalnym, położonym zawsze przy trzecim dublecie aksonemy. Na drodze ewolucji powstały plemniki pozbawione włókna osiowego i/lub błonki falującej, co jest charakterystyczne dla przedstawicieli rodzin Microhylidae, Mantellidae, Ranidae, Rhacophoridae, Pipidae i niektórych Laptodactylidae. Plemniki posiadające dwie witki powstały niezależnie 7 razy w toku ewolucji Anura.

Analizując cechy charakterystyczne plemników płazów bezogonowych można wyróżnić trzy główne trendy ich ewolucji: 1.) modyfikacja perforatorium polegająca na redukcji perforatorium osiowego, rozwoju perforatorium stożkowego lub zanik obu struktur; 2.) modyfikacja części podstawy jądra na drodze redukcji zagłębienia lub utworzenie drugiego dołka; 3.) modyfikacja witki plemnika poprzez zanik włókna osiowego, błonki falującej lub rozwój dodatkowej aksonemy.

Porównując budowę plemników płazów można uznać, że plemniki Pipidae wykazują podobieństwa do plemników przedstawicieli rodzin Mantellidae, Ranidae i Rhacophoridae, natomiast plemniki Bufonidae przypominają swoimi cechami plemniki Centrolenidae, Hy-

lidae, Leptodactylidae oraz Rhinodermatidae. Podobieństwa i różnice nie odzwierciedlają jednak zależności filogenetycznych płazów bezogonowych, co jednoznacznie wskazuje,

że charakterystyka morfologiczna plemników jak i ich szczegółowych struktur nie dostarcza dowodów stanowiących o pokrewieństwach poszczególnych grup zwierząt.

MORFOLOGICZNE RÓŻNICOWANIE PLEMNIKÓW WŚRÓD PŁAZÓW BEZOGONOWYCH

Streszczenie

Porównanie struktury plemników w poszczególnych grupach płazów bezogonowych pokazuje, że plemniki tej grupy zwierząt są bardzo różnorodne. U wszystkich gatunków płazów plemniki zaopatrzone są w akrosom. U przedstawicieli niższych rodzin perforatorium osiowe znajduje się w kanale endonuklearnym, podczas gdy perforatorium stożkowe otacza przednią część jądra. Struktury te zostały wtórnie utracone u niektórych płazów. W zagłębieniu tylnej części jądra plemnika znajduje się centriola. Narządu ruchu plemnika (ogon) zwykle składa się z aksonemy i włókna osiowego, połączonych błoną falującą. Plemniki zaopatrzone w dwie wici powstały

niezależnie 7 razy podczas ewolucji Anura. Analiza powyższych rozważań wskazuje na trzy główne trendy w ewolucji plemników płazów bezogonowych: 1) zmiany perforatorium, obejmujące zmniejszenie perforatorium osiowego, rozwój perforatorium stożkowego lub utrata obu tych struktur, 2) zmiany w tylnej części jądra – redukcja dołka lub rozwój dołka dodatkowego, 3) zmiany w ogonie – zanik włókna osiowego, błonki falującej lub utworzenie dodatkowej aksonemy. Porównując strukturę plemników płazów bezogonowych można stwierdzić, że analiza taka nie dostarcza dowodów na pokrewieństwo poszczególnych grup zwierząt.

MORPHOLOGICAL DIVERSITY OF SPERM AMONG ANURAN AMPHIBIANS

Summary

Comparison of the sperm structure in individual groups of Anurans shows that spermatozoa are very various. In all amphibian species sperm have an acrosome. An axial perforatorium located in the endonuclear channel is present in spermatozoa of basal anuran families. A conical perforatorium surrounds the front part of the nucleus. This structure has been secondarily lost in some anurans. There is a fossa in the basal end of the nucleus, in which the centriola is placed. Movement organ (tail) is usually composed of the axoneme and the axial fiber. Sperm provided with two flagella have developed independently about 7 times during the evolution of Anura.

Analysis of the above considerations indicates three main trends in the evolution of Anuran sperm where can be distinguished: 1) modification of perforatorium, involving the reduction of axial perforatorium, conical perforatorium development or loss of both of these structures; 2) modification of the basal part of the nucleus by reduction of fossa, or development of a second fossa; 3) modification of the tail due to the disappearance of the axial fiber, undulating membrane or development of additional axoneme. Comparing the structure of Anuran spermatozoa it can be concluded that the comparative spermatology does not provide evidence for affinities of individual animal groups.

LITERATURA

- ASA C. S., PHILLIPS D. M., 1988. *Nuclear shaping in spermatids of the Thai Leaf Frog Megophrys montana*. Anat. Record 220, 287–290.
- FURIERI P., 1975. *La morfologia degli sperm di alcuni Anfibi Anuri*. Bollettino di Zoologia 39, 618–619.
- JAMIESON B. G. M., LEE M. S. Y., LONG K., 1993. *Ultrastructure of the spermatozoon of the internally fertilizing frog Ascaphus truei (Ascaphidae: Anura: Amphibia) with phylogenetic considerations*. Herpetologica 49, 52–65.
- JAMIESON B. G. M., 2003. *Reproductive Biology and Phylogeny of Anura*. Science Publishers, Enfield, USA.
- KURAMOTO M., JOSHY H. S., 2001. *Scanning electron microscopic studies on spermatozoa of anurans from Indian and Sri Lanka*. Amphibia-Reptilia 22, 303–308.
- PUGIN-RIOS E., 1980. *Etude comparative sur la structure du spermatozoïde des amphibiens anoures*. Comportement des gamets lors de la fécondation. Ph. D. These, L'Université de Rennes, France.
- ROELANTS K., GOWER D. J., WILKINSON M., LOADER S. P., BIJU S. D., GUILLAUME K., MORIAU L., BOSSUYT F., 2007. *Global patterns of diversification in the history of modern amphibians*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 104, 887–892.
- SCHELTINGA D. M., 2002. *Ultrastructure of Spermatozoa of the Amphibia: Phylogenetic and Taxonomic Implications*. Ph. D. Thesis, University of Queensland, Australia.
- SCHELTINGA D. M., JAMIESON B. G. M., BICKFORD D. P., GARDA A. A., BAO S. N., McDONALD K. R., 2002. *Morphology of the spermatozoa of the Microhylidae (Anura, Amphibia)*. Acta Zool. (Stockholm) 83, 263–275.