

JAKUB DYMEK, KRYSZYNA ŻUWAŁA

Zakład Anatomii Porównawczej
Instytut Zoologii i Badań Biomedycznych
Uniwersytet Jagielloński w Krakowie
Gronostajowa 9, 30-387 Kraków
E-mail: kuba.dymek@doctoral.uj.edu.pl

WYBRANE ZAGADNIENIA Z ŻYCIA IGLICZNIOWATYCH (SYNGNATHIDAE) – RYB O NIEZWYKŁYM ROZRODZIE

WSTĘP

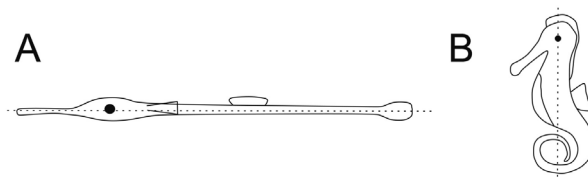
Igliczniowate (Syngnathidae) to rodzina ryb zaliczana do gromady promieniopłetwych (Actinopterygii), obejmująca koniki morskie (pławikoniki) i iglicznie. Jest to dość dobrze poznana grupa ryb, szczególnie pod względem biologii rozrodu.

Obecnie zalicza się do niej 298 gatunków, które ujęto w 57 rodzajów (FROESE i PAULY 2016). Do niedawna, ze względu na liczne podobieństwa, np.: pokrycie ciała pancerzem z płytek kostnych, niewielki otwór gębowy czy też zredukowane płetwy brzuszne, ryby z rodziny igliczniowatych zaliczane były do rzędu ciernikokształtnych (Gasterosteiformes). Jednak nowe dane, uzyskane głównie przy wykorzystaniu metod molekularnych spowodowały, że utworzono nowy rząd igliczniokształtnych (FROESE i PAULY 2016). Oprócz igliczniowatych, do rzędu igliczniokształtnych zaliczane są następujące rodziny: rurecznicowate (Aulostomidae), fistułkowate (Fistulariidae), brzytewkowate (Centristridae) oraz Solenostomidae (ESCHMEYER i współaut. 2016).

Pierwsze doniesienia na temat rodziny igliczniowatych pochodzą z prac szwedzkiego przyrodnika Karola Linneusza (LINNEUSZ 1758). Przeglądając literaturę naukową dotyczącą igliczniowatych można stwierdzić, że główne zainteresowania badaczy obejmują tutaj szeroko pojętą etologię i biologię rozrodu tej grupy. Stosunkowo niewiele jest szczegółowych informacji dotyczących budowy morfologicznej tych ryb.

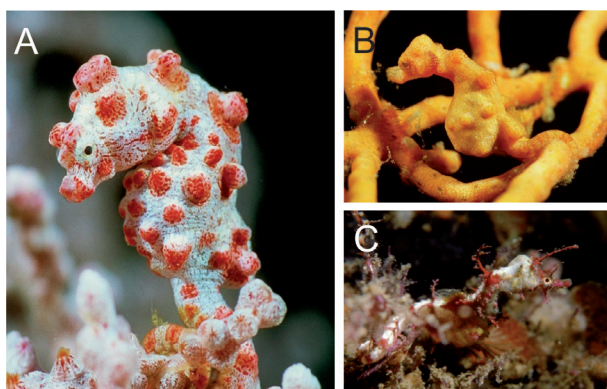
Dorosłe osobniki igliczni osiągną długość ciała od 35 do 40 cm, a koników morskich od 1,5 do 35,5 cm (NELSON 2006). Większość igliczni i wszystkie koniki morskie żyją w wodach słonych. Tylko nieliczne gatunki igliczni, jak np. *Syngnathus abster* czy *S. scovelli*, są słodkowodne (GRABOWSKA i GRABOWSKI 2014). Iglicznie występują w pobliżu wybrzeży stref umiarkowanych i tropikalnych, w rafach koralowych i na obszarze łąk morskich, natomiast koniki morskie można spotkać w płytkich wodach strefy tropikalnej od 50°S do 50°N (LOURIE i współaut. 1999).

Dorosłe osobniki ryb z rodziny igliczniowatych charakteryzują się wydłużonym ciałem, pokrytym pancerzem z płytek kostnych. Głowa jest wydłużona z rurkowatym pyskiem zakończonym niewielkim otworem gębowym (Ryc.1). Wieczko skrzelowe jest przyrośnięte z niewielkim, okrągłym otworem, przez który z komory skrzelowej wypływa woda. U igliczniowatych brak jest płetw brzusznych, a płetwa grzbietowa jest pojedyncza. Płe-



Ryc. 1. Pokrój ciała igliczni (A) i konika morskiego (B).

Zachowano proporcje wielkości ciała między igliczniami a konikami morskimi. Linia przerywana zaznaczono osł ciała.



Ryc. 2. Wyrostki skórne u wybranych gatunków igliczni i koników morskich.

A – *Hippocampus bargibanti*; B – *H. denise*; C – *Idiotropiscis lumnitzeri* (fot. A, B – O. J. Brett; C – E. Shlöggl)

twą ogonową przyjmuje różne kształty, przy czym u koników morskich może być zredukowana. Co ciekawe, część ogonowa pławikoników posiada zdolności chwytne (PORTER i współaut. 2015).

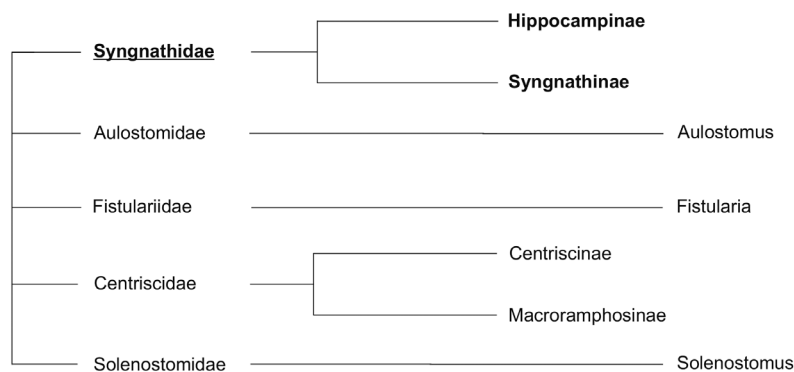
Skóra niektórych gatunków igliczni i koników morskich formuje różnokształtne wyrostki, np. u *Hippocampus bargibanti* (Ryc. 2A), *H. denise* (Ryc. 2B), *Idiotropiscis lumnitzeri* (Ryc. 2C). Ubarwienie ryb z rodziny igliczniowatych jest zróżnicowane. Osobniki mogą być ubarwione jednolicie, np. *Syngnathus scovelli*, lub wielobarwne, jak np. *Doryrhamphus excisus*. Ta różnorodność pod względem wzorów ubarwienia i kształtów pełni zwykle funkcje maskujące. Iglicznie zamieszkujące trawy morskie są zielonkawe (*S. typhle*), natomiast te, które występują w rejonie raf koralowych przyjmują ubarwienie od niebieskawego (*D. melanopleura*), poprzez pomarańczowe (*Trachyrhamphus bicoarctatus*) do różowo-czerwonego (*Solenostomus paradoxus*). Niektóre barwy pojawiają się czasowo, w okresie godów (ROSENQVIST i BERGLUND 2011). Zaobserwowano, że ubarwienie koników morskich jest bardziej jaskrawe niż igliczni. Występują tutaj

formy w prawie każdym kolorze, od żółtego (*Hippocampus erectus*), poprzez różowy (*H. bargibanti*), biały (*H. abdominalis*) do zielonego (*H. guttulatus*).

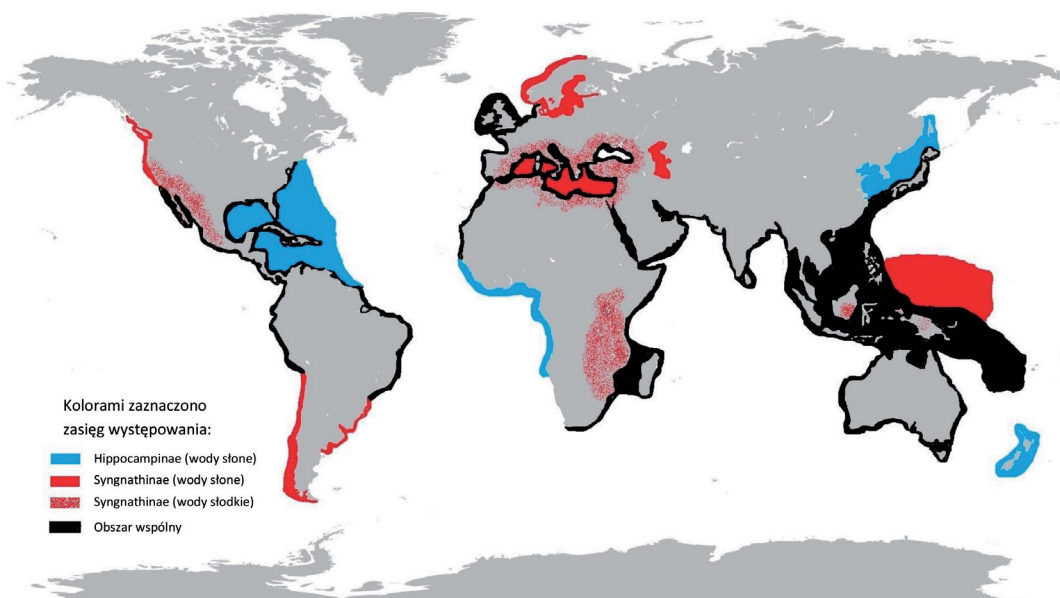
TAKSONOMIA I POCHODZENIE

Taksonomiczne położenie igliczniowatych od dawna wzbudzało wśród badaczy liczne kontrowersje. Jak wspomniano, Karol Linneusz (LINNEUSZ 1758) jako pierwszy opisał zarówno koniki morskie, jak i iglicznie, w pierwszej edycji *Systema Naturae*. Pierwsza dokładniejsza systematyka grupy igliczniowatych została opublikowana przez KAUPA (1856), który jako kryteria przyjął rozmieszczenie geograficzne i stopień rozwoju torby lęgowej samców. Podzielił on rodzinę Syngnathidae na 4 podrodziny (Doryrhampinae, Nerophinae, Hippocampinae i Syngnathinae). Nieco później DUNCKER (1915), sugerując się usytuowaniem torby lęgowej u samców, zaproponował, aby podzielić igliczniowate na 2 większe grupy (Gastrophori i Urophori).

Obecnie, po zastosowaniu molekularnych metod badawczych, dołączono je do nowopowstałego rzędu igliczniokształtnych (Syngnathiformes). Pierwsze takie badania na osobnikach z rodziny Syngnathidae przeprowadzili WILSON i współaut. (2001). W celu zrekonstruowania historii ewolucyjnej grupy użyli oni zestawu 3 markerów mtDNA. Badania obejmowały 34 gatunki należące do 16 z 57 obecnie znanych rodzajów. Z uzyskanych danych wynika, że kilka głównych grup posiadających torbę lęgową powstało niezależnie. Badania te potwierdziły jednocześnie bliski związek ewolucyjny pomiędzy rodzajami *Syngnathus* i *Hippocampus*. W 2010 r. WILSON i ROUSE, korzystając z podobnych metod, zrewidowali pokrewieństwa podrodzin (Hippocampinae i Syngnathinae) w obrębie rodziny Syngnathidae. Wykazali oni m.in., że pierwotną cechą gatunków należących do Syngnathidae jest brzusznie usytuowana torba lęgowa, natomiast u *Syn-*



Ryc. 3. Drzewo filogenetyczne igliczniokształtnych (wg FROESE i PAULY 2016).



Ryc. 4. Mapa zasięgu igliczniowatych z wykorzystaniem IUCN RED LIST (2016).

gnathus bimaculatus tułowiowe usytuowanie torby lęgowej mogło zostać nabyte wtórnie.

FROESE i PAULY (2016) zasugerowali umieszczenie igliczniowatych w osobnym rzędzie igliczniokształtne wraz z 4 innymi rodzajami (patrz Wstęp) (Ryc. 3). W obrębie rodziny wyróżnia się obecnie 2 podrodziny: koniki morskie (Hippocampinae) (1 rodzaj, 54 gatunki) i iglicznie (Syngnathinae) (56 rodzajów, 244 gatunki) (ESCHMEYER i współaut. 2016).

Wszystkie igliczniowate okryte są pancerzem zbudowanym z płytek kostnych, co spowodowało, że materiał kopalny jest dobrze zachowany. Okazy kopalne tych ryb występują często w odkrywkach z rejonu Morza Śródziemnego i Czarnego. Dodatkowo, bogaty, oligoceński i mioceniński zapis kopalny pochodzi z rejonów historycznego Morza Paońskiego (WILSON i ORR 2011) i z rejonu południowej Kalifornii (FRITZSCHE 1980).

Najstarsze zachowane okazy kopalne pochodzą z wczesnego eocenu (48–50 milionów lat temu) i zostały zebrane z bogatego w kopalne osady rejonu Monte Bolca, znajdującego się w pobliżu Werony we Włoszech (BOLT 1980). Opisane osobniki z tego rejonu reprezentowały morfologicznie odrębne linie ewolucyjne igliczniowatych. Najstarszym, znanym, kopalnym przedstawicielem igliczniowatych jest *Prosolenostomus lessenii* (ORR 1995). Bazując na wieku tego gatunku można wnioskować, że rodzina Syngnathidae liczy co najmniej 50 milionów lat.

Spośród wszystkich igliczniowatych najbogatszy zapis kopalny ma rodzaj *Syngnathus*. Najwcześniejsze skamieliny gatunków należących do tego rodzaju datowane są na wczesny oligocen (KOTLARCZYK i współaut. 2006), podczas gdy linia koników morskich

jest prawdopodobnie starsza niż z epoki miocenu (ZALOHAR i współaut. 2009).

WYSTĘPOWANIE I ŚRODOWISKO ŻYCIA

Ryby z rodziny igliczniowatych można spotkać u wybrzeży kontynentów, w wodach stref umiarkowanych i tropikalnych (Ryc. 4); występują zarówno w wodach słonych, jak i półsłonych oraz słodkich (Tabela 1) (FROESE i PAULY 2016). Gatunki morskie zamieszkują płytkie wody (<30 m głębokości), ale zdarza się, że niektóre z nich bytują nawet na głębokości do 100 m, np. *H. minotaur* (GOMON 1997).

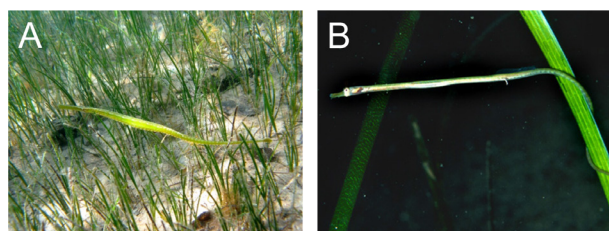
Najwięcej gatunków koników morskich występuje w strefie indo-pacyficznej (LOURIE i współaut. 1999, FOSTER i VINCENT 2004), natomiast iglicznie w strefach przybrzeżnych Europy oraz obu Ameryk (IUCN RED LIST 2016). Niektóre gatunki koników morskich zmieniają środowisko życia wraz z rozwojem. Przykładowo, młodociane osobniki *H. comes* preferują płytkie wody o gęstej roślinności, a gdy osiągną dojrzałość płciową, bytują wśród raf koralowych (PERANTE i współaut. 1998). Zmiana ta jest prawdopodobnie związana z lepszym dostępem do pożywienia, a także dostępnością kryjówek dla osobników dorosłych.

W przeciwieństwie do pławikoników, niektóre gatunki iglicznie zasiedlają wody słodkie (rzeki) (Tabela 1). Iglicznie zamieszkują także wody przy ujściu rzek (wody mieszane). Jednak większość gatunków jest morska. Można je spotkać w wodach stref umiarkowanych i tropikalnych.

W Bałtyku występują jedynie 2 gatunki ryb z rodziny igliczniowatych. Są to *S. ty-*

Tabela 1. Występowanie wybranych gatunków z rodziny igliczniowatych w wodach o zróżnicowanym stopniu zasolenia (IUCN RED LIST 2016).

Podrodzina	Gatunek	Wody słodkie	Wody słone	Wody mieszane
Syngnathinae	<i>Syngnathus abaster</i>	+	+	+
	<i>S. acus</i>	-	+	+
	<i>S. carinatus</i>	-	+	-
	<i>S. dawsoni</i>	-	+	-
	<i>S. louisiane</i>	-	+	-
	<i>S. pelagicus</i>	-	+	-
	<i>S. scovelli</i>	+	+	+
	<i>S. typhle</i>	-	+	+
	<i>S. variegatus</i>	-	+	-
	<i>Cosmocampus arctus</i>	-	+	-
	<i>C. brachycephalus</i>	-	+	-
	<i>C. hildebrandi</i>	-	+	-
	<i>Entelurus aequoreus</i>	-	+	+
	<i>Phycodurus eques</i>	-	+	-
	<i>Doryichthys Boaja</i>	+	-	-
Hippocampinae	<i>Hippocampus erectus</i>	-	+	-
	<i>H. hippocampus</i>	-	+	-
	<i>H. histrix</i>	-	+	-

Ryc. 5. Iglicznia *Syngnathus typhle* (A) i wężyńka *Nerophis ophidon* (B) (fot. A – R. Pillon; B – R. Svensen)

phle (iglicznia) (Ryc. 5A) i *Nerophis ophidon* (wężyńka) (Ryc. 5B) (GRABOWSKA i GRABOWSKI 2014). U wybrzeży Polski iglicznia została zaobserwowana w płytkich wodach wyścielonych trawami morskimi w Zatoce Gdańskiej, w Zalewie Szczecińskim i w Zatoce Pomorskiej (SKÓRA 2001). Wężyńka zajmuje siedliska podobne do igliczni (MARGOŃSKI 1994). Do niedawna gatunki te były w Bałtyku zagrożone wyginięciem na skutek eutrofizacji. Jednak obecnie obserwuje się wzrost przezroczystości wody i rozwój łąk trawy morskiej (GIOŚ 2016), co skutkuje poprawą warunków bytowania tych ryb, dzięki czemu Komisja Ochrony Środowiska Morskiego Bałtyku nadała igliczni i wężyńce status gatunku najmniejszej troski (ang. least concern, LC) (HELCOM 2016a, b).

CECHY ANATOMICZNE I MORFOLOGICZNE

Iglicznie charakteryzuje wydłużone, cylindryczne ciało z wąską głową bez kolców, podczas gdy koniki morskie mają pionową oś ciała (Ryc. 1), chwytny ogon i propor-

jonalnie dużą, pochyloną głowę, zwykle z kolcami i koroną (jest to pierwsza płytką karkowa z wyrostkiem na szczycie) (LEYSEN i współaut. 2011a).

W rodzinie igliczniowatych wszystkie gatunki mają rurkowaty pysk z krótką żuchwą i szczęką, w której brak jest zębów. U niektórych igliczni pysk może być bardzo wydłużony, nawet do 2/3 długości całej głowy, jak u *Phyllopteryx taeniolatus* (LEYSEN i współaut. 2011a). Iglicznie swój długi pysk zawdzięczają wydłużonym kościom: czołowym, sitowym, skrzydłowym i kwadratowym (FRANZ-ODENDAAL i ADRIAENS 2014). Specyficzne ułożenie kości czaszki u igliczniowatych pozwala na wytworzenie siły ssącej, ważnej przy aktywnym zdobywaniu pokarmu (LEYSEN i współaut. 2011b). Otwarcie otworu gębowego u konika morskiego, będące rozpoczęciem odruchu ssania, następuje dopiero po odwróceniu się kości gnykowej o 80° (ROOS i współaut. 2009).

Płetwa ogonowa, gdy występuje, jest niewielka. Gatunki bez płetwy ogonowej mogą mieć chwytne ogony, co zapewniają specjalnie ułożone mięśnie znajdujące się przy końcowym odcinku kręgosłupa. Cecha ta jest prawdopodobnie wykorzystywana przy ukrywaniu się przed drapieżnikami i przy zdobywaniu pożywienia.

Obecnie istnieje bardzo niewiele danych (PORTER i współaut. 2013, 2015) na temat pokrycia ciała igliczniowatych. U koników morskich, np.: *H. hippocampus*, *H. histrix*, *H. barbiganii*, płytki kostne mogą przyjmować rozmaite kształty. Pławikoniki mogą precyzyjnie kontrolować ruchy ciała umożliwiające skręcanie i zginanie w płaszczyźnie

brzuszej, w przeciwieństwie do wyginania ciała w płaszczyźnie bocznej, co jest charakterystyczne dla wielu gatunków ryb. Pokrycie ciała pancerzem z płyt kostnych umożliwia lepsze przekazywanie siły z mięśni na kręgi (PRAET i współaut. 2012), czyli na ruchy bardziej synchroniczne i skoordynowane. Oprócz przenoszenia siły i zapewniania giętkości ciała, płytki kostne spełniają też funkcję ochronną. Pancerz jest twardy i wystarczo wytrzymały, aby odeprzeć uderzenia i zgniecenia (PRAET i współaut. 2012).

U igliczniowatych układ oddechowy jest dobrze rozwinięty. Łuki skrzelowe są wydłużone i klinowato zakończone, zwłaszcza u *Nerophis ophidion*. Komorę skrzelową okrywa wieczko skrzelowe z niewielkim otworem. Dzięki temu tworzy się specjalna pompa zasysająca wodę do komory skrzelowej (PREIN i KURZMANN 1987). Mechanizm zasysania wody (opisany w rozdziale Odżywianie) opiera się głównie na ruchach wieczka skrzelowego, natomiast ruchy kości otaczających otwór gębowy odgrywają tutaj niewielką rolę. Istnienie takiego mechanizmu jest wynikiem stosunkowo małej objętości komory skrzelowej. Dzięki temu, że u igliczniowatych występują specjalne mechanizmy rozszerzające naczynia krwionośne łuków skrzelowych (LAURENT 1984), mechanizm oddychania u tych ryb jest niezwykle efektywny.

NARZĄDY ZMYŚLÓW

Anatomia narządu wzroku ryb z rodziny igliczniowatych jest stosunkowo dobrze poznana. COLLIN i COLLIN (1995) zaobserwowali, że ich oczy wykazują duży stopień niezależnej ruchliwości. Igliczniowate mogą poruszać każdą gałką oczną niezależnie we wszystkich kierunkach, co pozwala na jednoczesne obserwowanie terenu przed i za rybą. Uważa się, że dzięki takim możliwościom, w zależności od potrzeby, ryby te mogą uzyskiwać obraz binokularny lub monokularny. Ponadto, wykazano istnienie silnej korelacji pomiędzy ruchliwością gałek ocznych a rozwojem centralnej części plamki żółtej – dołka środkowego (WALLS 1942).

Oko igliczniowatych różni się od oka innych gatunków ryb m.in. grubością rogówki, głównie w warstwie tkanki łącznej. U osobników dorosłych wynosi ona ok. 80 µm, a u młodocianych na obrzeżach rogówki może być o połowę mniejsza (COLLIN i COLLIN 1995). Grubość rogówki igliczniowatych jest więc znacznie mniejsza niż u innych ryb, np. *Lepisosteus platyrhincus* (240 µm) (COLLIN i FRITZSCH 1993) czy *Squalus acanthias* (250 µm) (GOLDMAN i BENEDEK 1967). U zwierząt żyjących w środowisku

wodnym rogówka załamuje światło tylko w niewielkim stopniu, a jej główną funkcją jest osłona oka. Rogówka może także mieć zdolności opalizujące. Obecnie znane są dwa gatunki igliczniowatych: *Aulostoma maculatus* (LYTHGOE 1976) i *Corythoichthyes paxtoni* (COLLIN i COLLIN 1995), u których rogówka posiada taką warstwę.

Wiadomo też, że tęczęwka *C. paxtoni* zawiera gęsto upakowane kryształy guaniny, które są podobne do irydoforów w skórze. Mają one dużą zdolność odbijania światła. Dzięki temu źrenica oka jest maskowana w dobrze oświetlonej wodzie, co pomaga w kamuflażu. Tęczęwka jest także pokryta licznymi kolorowymi plamkami, których barwa jest kontynuowana na ciele, co również pomaga się zamaskować (COLLIN i COLLIN 1995).

Błędnik błoniasty igliczniowatych jest zbudowany podobnie jak u innych ryb. U nich również występują kamyczki błędnikowe (otolity) zbudowane z fosforanu lub węglanu wapnia, które uciskają kinocylia i stereocylia komórek receptorowych zmysłu równowagi, rejestrując kierunek działania siły ciężkości. Ze względu na przyrosty roczne obserwowane w otolitach, są one często używane do wyznaczenia wieku ryby. Jednak u konika *Hippocampus kuda* nie zaobserwowano obecności takich przyrostów (DO i współaut. 2006).

Brak jest obecnie doniesień na temat pokroju i budowy narządów chemoreceptyjnych u igliczniowatych. Narządy te natomiast były badane w kontekście etologicznym. Wśród badaczy występują odmienne zdania na temat znaczenia zmysłu węchu i wzroku podczas rozrodu w tej grupie ryb. Jednak różnice te mogą wynikać z odmiennej biologii gatunków. RATTERMAN i współaut. (2009) sugerują, na podstawie swoich obserwacji, że zmysł węchu u żyjącego w bardzo mętnych wodach *S. scovelli* może być bardziej pomocny w zachowaniach godowych aniżeli wzrok. Natomiast istnieją doniesienia mówiące, że samce igliczni *S. typhle* nie odnajdują samic na podstawie sygnałów węchowych (LINDQVIST i współaut. 2011), a sukces rozrodczy *S. typhle* jest mniejszy, gdy osobniki nie mogą używać wzroku podczas rozrodu.

Rozpoczęte aktualnie przez zespół w Zakładzie Anatomii Porównawczej, Instytutu Zoologii i Badań Biomedycznych Uniwersytetu Jagiellońskiego, badania narządów węchu (w tym badania morfologiczne) u kilku gatunków igliczni żyjących w odmiennych środowiskach wodnych (słonym, słodkim i mieszanym) pozwolą m. in. na interpretację znaczenia narządu węchu w różnych aspektach życia tych ryb.

ROZRÓD

Rozród w rodzinie igliczniowatych jest niezwykle interesujący, ze względu na to, że to samiec inkubuje zarodki w powstającej na czas rozrodu torbie lęgowej. Jest to zjawisko zwane samczą żyworością (CRESPI i SEMENIUK 2004) i jest jedynym, jak do tej pory, znanym przykładem samczej ciąży w świecie zwierząt (STOLTING i WILSON 2007).

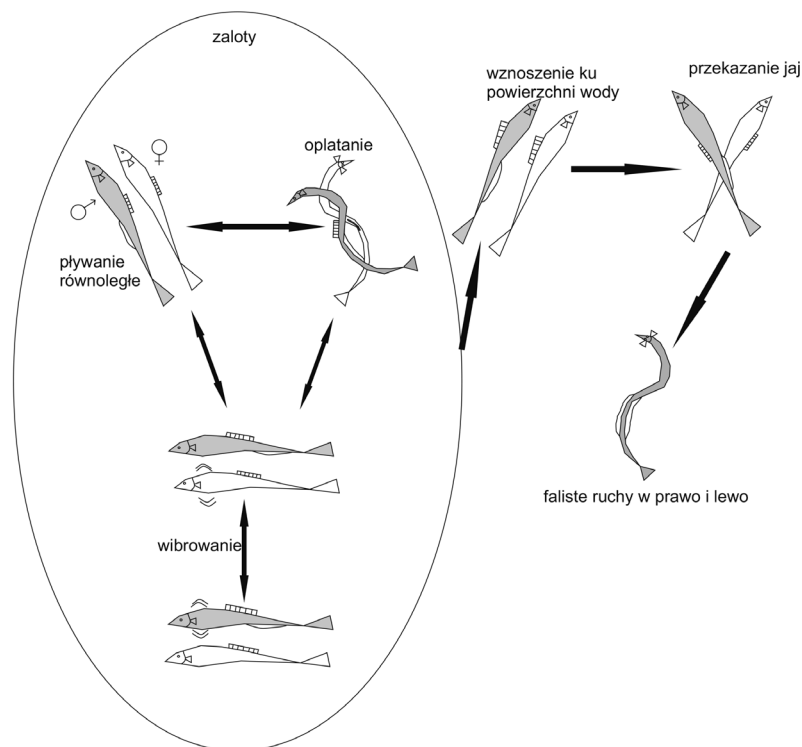
Ze względu na taki sposób rozrodu, u igliczniowatych występują różne wzorce zachowań godowych. U gatunków poligamicznych można zaobserwować odwrócenie ról płciowych: konkurencję samic i wybiórczość samców (np. BERGLUND i współaut. 1989). Samice są wtedy bardziej aktywne podczas godów i to one wysyłają sygnały wizualne oraz chemiczne w kierunku samców (zachęta do rozrodu) lub innych samic (konkurencja) (JONES i współaut. 2000). Natomiast u monogamicznych gatunków z rodziny igliczniowatych nie obserwuje się odwrócenia ról płciowych; samce są bardziej aktywne podczas rozrodu, zabiegają o samice i współzawodniczą z innymi samcami (VINCENT i współaut. 1992; VINCENT 1994a, b; MASON-JONES i LEWIS 1996; WATANABE i współaut. 1997).

Wykazano, że wielkość ciała osobników jest bardzo ważną cechą wpływającą na rozród. Zarówno samice, jak i samce preferują

większych partnerów. Wynika to z tego, że samice o mniejszych rozmiarach produkują niewielką liczbę jaj o małej średnicy, w porównaniu do samic o większych rozmiarach ciała. Natomiast duże samce mogą inkubować więcej zarodków, co daje większy sukces rozrodczy (np. BERGLUND i współaut. 1986).

Ważną cechą dymorficzną w rodzinie igliczniowatych jest ubarwienie. Różnorodne i niezwykle kolorowe wzory barwne samic mogą występować stale, np. błękitne elementy na głowie i wzdłuż ciała *N. ophidion* (BERGLUND i współaut. 1986) lub pojawiać się tylko na czas godów, jak np. czerniejące na czas rozrodu paski u obu płci *S. typhle*. Zwiększa to prawdopodobieństwo ataku drapieżników, gdyż osobniki stają się przez to bardziej widoczne (BERGLUND i ROSENQVIST 2003). Dlatego też elementy barwne występujące w okresie godów pojawiają się przede wszystkim u samic, a samce większości gatunków zwykle są ubarwione kryptycznie. Zwiększa to szanse przeżycia samca i tym samym jego sukces rozrodczy. Samce niektórych gatunków, jak np. *S. abaster*, posiadają jednak wzory barwne, które służą z jednej strony do wabienia partnerek, a z drugiej strony do odstraszenia rywali (SILVA i współaut. 2010). Z obserwacji wynika, że samce większości gatunków igliczniowatych preferują bardziej jaskrawo ubarwione samice (BERGLUND i współaut. 1986, VINCENT i współaut. 1992).

Podczas rozrodu samice przebywają w grupie i pływają w górę i w dół powyżej trawy morskiej, natomiast samce przemieszczają się między roślinami. Kiedy samiec napotka odpowiednią grupę samic, wybiera partnerkę do tańca godowego. Samice w tym czasie rywalizują o samca poprzez odpędzanie rywalki (VINCENT i współaut. 1995). Długi, wzajemny taniec godowy (Ryc. 6), podczas którego można zaobserwować ruchy wijące i wibrujące oraz unoszenie się powyżej traw morskich (FIEDLER 1954), kończony jest zwykle przeniesieniem jaj za pomocą pokładelka samicy do torby lęgowej samca. Samiec, poprzez faliste ruchy ciała, przesuwa następnie jaja w dolną część torby lęgowej i przyjmuje S-kształtną postać, opadając



Ryc. 6. Główne elementy zachowań rozrodczych *Hippichthys peniculus* (WATANABE i współaut. 1997, zmieniona).

na dno zbiornika wodnego. W tym właśnie czasie dochodzi do zapłodnienia (FIEDLER 1954). WATANABE i współaut. (2000) określili to zjawisko jako „samcze zapłodnienie wewnętrzne” (ang. „male internal fertilization”).

U koników morskich podczas zalotów, to samce wykazują aktywność w stosunku do samic oraz agresję w stosunku do rywali, podczas gdy samice nie inicjują zachowań godowych (VINCENT i współaut. 1992). Samica przekazuje jaja bogate w żółtko (FOSTER i VINCENT 2004) do torby lęgowej samca, struktury zlokalizowanej poniżej gonoporu (otworu płciowego). U igliczni samica może przekazać jaja kilku samcom, np. u *Nerophis ophidion* w okresie 37 dni (czas trwania ciąży u tego gatunku) samica kojarzy się średnio z 2 samcami i przekazuje łącznie ok. 338 ± 150 jaj, a każdy samiec inkubuje w trakcie jednej ciąży ok. 200 zarodków (AHNESJÖ 1989). Jest to klasyczny przykład poliandrii, gdyż każdy samiec kojarzy się tylko z jedną samica, natomiast samica z wieloma samcami (MCCOY i współaut. 2001). Jednak u różnych gatunków igliczni mogą występować różnorodne typy rozrodu, np. u *Syngnathus typhle* w trakcie trwania ciąży (45 dni) jedna samica „kopuluje” średnio 6,4 razy, a każdy samiec inkubuje ok. 80 młodych (AHNESJÖ 1989). Dodatkowo wykazano także, że samce mogą inkubować w jednym czasie potomstwo od kilku samic. Przykładowo, w torbie lęgowej *S. floridae* opisano przynajmniej trzy grupy zarodków (w różnych stadiach rozwojowych) rozwijających się jednocześnie (GUDGER 1905). Analiza molekularna DNA zarodków *S. scovelli* wykazała, że jeden osobnik inkubował potomstwo różnych samic. Analizy te pokazały także, że samice przekazywały jaja wielu samcom (JONES i AVISE 1997). U takich gatunków, jak *S. floridae*, *S. scovelli* czy *S. typhle*, występuje więc poliginandria (zarówno samce, jak i samice kopulują z wieloma partnerami). Jednocześnie u licznych gatunków, np. *C. haematopterus* (MATSUMOTO i YANAGISAWA 2001) czy *C. intestinalis* (GRONELL 1984) zaobserwowano monogamię. Osobniki *C. haematopterus* tworzące pary kojarzą się tylko ze sobą w trakcie całego sezonu rozrodczego, a jeśli przeżyją do kolejnego sezonu, także wtedy nie kojarzą się z innymi partnerami (MATSUMOTO i YANAGISAWA 2001).

Podobnie, większość gatunków koników morskich wykazuje monogamię, a należą do nich np. *Hippocampus angustus* (JONES i współaut. 1998), *H. subelongatus* (KVARNEMO i współaut. 2007) czy *H. fuscus* (VINCENT 1994b). Samce inkubują mniej zarodków niż w przypadku igliczni, np. u *H. zosterae* stwierdzono ich 55 (STRAWN 1958), a u *H. kuda* 20–1000 (PHAM 1992).











U igliczniowatych zaobserwowano ograniczenie liczby produkowanych plemników (WATANABE i współaut. 2000). U konika morskiego *H. kuda* stosunek liczby plemników do jaj (ang. sperm:egg ratio) wynosi tylko <5:1 (VAN LOOK i współaut. 2007), podczas gdy u innych ryb, np. u *Danio rerio* wynosi 48000:1, a u *Salmo trutta* $1,79 \times 10^9:1$ (STOCKLEY i współaut. 1997). Mała liczba produkowanych plemników pozwala uniknąć zjawiska polispermii (wniknięcie do oocytu więcej niż jednego plemnika). Prawdopodobnie cecha ta ewoluowała jako konsekwencja ograniczonej konkurencji plemników u tych gatunków (brak międzyosobniczej konkurencji plemników) (STOCKLEY i współaut. 1997).

Samiec inkubuje rozwijające się potomstwo w torbie lęgowej. Można wyróżnić kilka typów toreb lęgowych (Tabela 2) ze względu na ich budowę i sposób przechowywania jaj w torbie: (1) prosty, nieosłonięty obszar w brzusznej części, do którego przyklejają się jaja, (2) pojedyncze komory, w każdej z nich jest inkubowane jedno jajo, jaja są pokryte błoną, (3) jaja są inkubowane w torbie z płytkami, (4) torba składa się z dwóch fałdów, które rosną ku sobie, fałdy mogą podwijać się (4e), odwracać się (4i) lub odwracać się częściowo (4s), (5) całkowicie zamknięta torba o najbardziej złożonej budowie występująca u koników morskich (DAWSON 1985).

Podczas inkubacji w torbie lęgowej zachodzą liczne zmiany morfologiczne i fizjologiczne. Zmienia się osmolarność płynu torby lęgowej, wyściółka torby lęgowej jest bardzo unaczyniona i posiada pofałdowaną powierzchnię, co pozwala na dyfuzję związków organicznych i nieorganicznych (CARCUPINO i współaut. 2002). Dodatkowo, wydzielina stożkowatych komórek wydzielniczych pełni prawdopodobnie ważną rolę w trawieniu/rozcinianiu ojcowskich łańcuchów białkowych na aminokwasy (BOISSEAU 1967). Ponadto, podczas inkubacji, komórki wyściółki torby lęgowej wydzielają lektyny typu C (ang. C-type lectins, CTLs), wykazujące aktywność antybakteryjną, co sprzyja ochronie zarodków, kiedy ich układ immunologiczny jeszcze nie funkcjonuje (MELAMED i współaut. 2005). Te wszystkie zmiany wskazują na wiele funkcji torby lęgowej.

Czas inkubacji potomstwa w torbie lęgowej zależy od gatunku i może wynosić np. 20-28 dni u *H. kuda* (PHAM 1992), a 1 i 2 miesiące odpowiednio u *S. abaster* i *S. taenionotus* (FRANZOI i współaut. 1993). Osobniki po „porodzie” są wolnożyjące i nie wymagają opieki rodzicielskiej. W trakcie jednego sezonu rozrodczego samiec kilkakrotnie zachodzi w „ciążę”, np. do 4 razy u *S. abaster*, 2 razy u *S. taenionotus* (FRANZOI i współaut. 1993) i do 3 razy u *H. kuda*

Tabela 2. Zestawienie informacji na temat typów toreb łęgowych występujących u różnych rodzajów należących do rodziny igliczniowatych. Objasnienia do schematów w tekście powyżej (WILSON i współaut. 2003, zmieniony).

Podrodzina	Rodzaj	Miejsce przechowywania zarodków w torbie samca	Schemat torby łęgowej
Syngnathinae	Nerophis, Entelerus	Część tułowiowa	 1
	Dunckerocampus	Część tułowiowa	 2
	Doryrhampus, Oostethus	Część tułowiowa	 3
	Corythoichthys, Stigmatopora	Część ogonowa	 4s
	Solegnathus, Phyllopteryx	Część ogonowa	 2
	Kaupus, Hypselognathus, Urocampus	Część ogonowa	 4e
	Vanaccampus, Pugnaso	Część ogonowa	 4s
	Syngnathus	Część ogonowa	 4i
	Hippichthys	Część ogonowa	 4e
Hippocampinae	Hippocampus	Część ogonowa	 5

(PHAM 1992). Największą liczbę inkubowanych zarodków (700-1500) opisano u dwóch gatunków: *S. schlegeli* (WATANABE i współaut. 1999) i *S. acusimilis* (DROZDOV i współaut. 1997).

ODŻYWIANIE

Koniki morskie i iglicznie wykazują niezwykle ciekawy sposób zdobywania pokarmu, określony jako (ang.) pivot feeding (DE LUSSANET i MULLER 2007). Ryby te zbliżają się do swojej ofiary lub czekają, aż znajdzie się ona w pobliżu pyska. Wtedy wykonują gwałtowny obrót głowy, dzięki czemu otwór gębowy znajduje się bardzo blisko ofiary (MULLER 1987). Zwiększenie średnicy otworu gębowego generuje przepływ wody, który zasysa ofiarę do jamy gardzielowej zwierzęcia (VAN WASSENBERGH i współaut. 2008).

Wykazano, że ssanie, jako sposób odżywiania iglicznia, jest niezwykle szybkie i precyzyjne (BERGERT i WAINWRIGHT 1997, DE LUSSANET i MULLER 2007). Szybkość wpływającej wody jest zwiększona przez małą średnicę otworu gębowego, stąd prędkość ssania jest duża. Czas wpłynięcia ofiary do jamy gębowej wynosi ok. 6 ms, co czyni igliczniowate rybami najszybciej pobierającymi pokarm wśród wszystkich doskonałokostnych (BERGERT i WAINWRIGHT 1997, DE LUSSANET i MULLER 2007, ROOS i współaut. 2009).

Dzięki pionizacji ciała koników morskich ofiara może zostać zassana z większej odległości (VAN WASSENBERGH i współaut. 2011b). Jednak większy wpływ na odległość zasysania ma długość pyska u danego gatunku. Te z dłuższym pyskiem mogą szybciej zasysać wolniej poruszające się ofiary z większej odległości, natomiast zwierzęta z krótszym pyskiem łatwiej złapią szybko poruszające się obiekty znajdujące się w mniejszej odległości (KENDRICK i HYNDES 2005, DE LUSSANET i MULLER 2007, VAN WASSENBERGH i współaut. 2011a). Dodatkowo wykazano, że większa średnica pyska zwiększa objętość i czas rozszerzenia jamy gębowej, ale negatywnie wpływa na maksymalną prędkość przepływu (ROOS i współaut. 2011). Mimo że długi pysk obniża maksymalną prędkość przepływu i objętość zasysania, czas pochwycenia zdobyczy jest wówczas krótszy.

Opisany mechanizm zdobywania pokarmu u igliczniowatych jest odmienny niż u pozostałych ryb doskonałokostnych, gdzie polega na szybkim zwiększeniu objętości jamy gardzielowej (ang. orobranchial cavity).

Na podstawie budowy szczęk, kształtu otworu gębowego i typu uzębienia można wiele wynioskować na temat strategii żywieniowych i rodzaju preferowanego pokarmu. Igliczniowate są drapieżnikami bentosowymi (odżywiają się organizmami żyjącymi przy dnie). Ze względu na wielkość aparatu gębowego, dietę igliczniowatych stanowią

głównie małe organizmy, np. skorupiaki (np. KENDRICK i HYNDES 2005). Na przykładzie obserwacji *Syngnathus typhle*, zamieszkującego wody laguny Ria Formosa w Portugalii (OLIVEIRA i współaut. 2007), wykazano, że w pokarmie igliczniowatych przeważają skorupiaki. Znaczący też jest udział ryb z rodziny Gobiidae. Inne grupy, takie jak ślimaki, wieloszczety czy glony, mają mniejsze znaczenie w diecie. Widłonogi to najliczniejsze osobniki pojawiające się w pokarmie, natomiast pod względem masy, największy udział mają Gobiidae i Palaemonidae. W trakcie sezonu rozrodczego zaobserwowano niewielkie różnice w udziale poszczególnych gatunków w składzie diety samca i samicy. Jest to spowodowane odmiennymi kosztami energetycznymi rozrodu; samiec inwestuje więcej w rozród, gdyż sprawuje opiekę nad potomstwem poprzez inkubację zarodków (STEFFE i współaut. 1989). Udowodniono, że samce *Syngnathus scovelli* będące w „ciąży”, przy ograniczonym dostępie do pożywienia, rosną wolniej niż samce nieinkubujące, co oznacza, że energię, która mogłaby być zainwestowana w rozwój osobniczy, zostaje przekazana rozwijającemu się potomstwu (PACZOLT i JONES 2015). Podobne wyniki otrzymano dla *S. typhle* (SAGEBAKKEN i współaut. 2009).

Bardzo ciekawym zjawiskiem u igliczniowatych jest wytwarzanie dźwięków podczas pobierania pokarmu. Dźwięki te przypominają brzęczenie (ang. clicks). Zjawisko to zostało opisane zarówno u koników morskich *Hippocampus zosterae* i *H. erectus* (COLSON i współaut. 1998), jak i u igliczni *S. fuscus* i *S. floridae* (RIPLEY i FORAN 2007) oraz *S. biaculeatus*, *Doryichthys martensii*, *D. deokhathoides* (LIM i współaut. 2015). Dźwięki różnią się pomiędzy gatunkami, mogą też być nieco odmiennie u obu płci, tak jak u *H. reidi* (OLIVEIRA i współaut. 2014). Wykazano, że źródłem dźwięków u igliczniowatych są ruchy określonych kości czaszki. Różnice międzygatunkowe w dźwiękach są spowodowane nieco odmiennym kształtem kości czaszki pomiędzy gatunkami igliczniowatych (LIM i współaut. 2015).

PODSUMOWANIE

Ryby z rodziny igliczniowatych występują wśród traw morskich i raf koralowych płytkich wód przybrzeżnych prawie każdego kontynentu. Osobliwe zachowania godowe tych niewielkich ryb od dłuższego czasu budzą zainteresowanie badaczy. Występuje tu zjawisko zwane samczą żyworością, gdzie samiec inkubuje zarodki w torbie lęgowej. Wiele aspektów związanych m. in. z budową anatomiczną, fizjologią i chemorepcją jest wciąż słabo poznanych. Brak jest także da-

nych na temat budowy układu krwionośnego i wydalniczego. Postępująca eutrofizacja i wzrost zanieczyszczeń wód przybrzeżnych są dużym zagrożeniem dla ryb z tej rodziny. Obecnie wiele gatunków igliczniowatych znajduje się pod ścisłą ochroną.

Streszczenie

Rodzina igliczniowatych (Syngnathidae) należąca do gromady promieniopłetwych (Actinopterygii), obejmuje koniki morskie oraz iglicznie. Zalicza się do niej 298 gatunków. Większość przedstawicieli tej rodziny żyje w pobliżu wybrzeży prawie wszystkich kontynentów, w płytkich wodach raf koralowych oraz na obszarach łąk morskich. Ryby z rodziny igliczniowatych charakteryzuje wydłużone ciało pokryte pancerzem z płytek kostnych, zakończone długim, rurkowatym pyskiem, który umożliwia wydajne zasysanie pokarmu. Płetwa ogonowa może przyjmować różnorodne kształty, przy czym u koników morskich posiada zdolności chwytne. Bardzo ciekawym oraz szeroko badanym aspektem biologii igliczniowatych jest ich rozród. Występuje tu zjawisko zwane samczą żyworością, tzn. samiec inkubuje zarodki w swojej torbie lęgowej. W związku z tym większość gatunków wykazuje odwrócenie ról płciowych, gdzie samice współzawodniczą i zabiegają o samce. Niniejsze opracowanie ma na celu przedstawienie wybranych zagadnień dotyczących pochodzenia, występowania, budowy, rozrodu oraz odżywiania ryb z rodziny igliczniowatych.

LITERATURA

- AHNESJÖ I., 1989. *Sex-role reversal in two pipefish (Syngnathidae) species: paternal care and male limitation of female reproductive success*. Acta Univ. Upsaliensis 233, 1-33.
- BERGERT B. A., WAINWRIGHT P. C., 1997. *Morphology and kinematics of prey capture in the syngnathid fishes Hippocampus erectus and Syngnathus floridae*. Marine Biol. 127, 563-570.
- BERGLUND A., ROSENQVIST G., 2003. *Sex role reversal in pipefish*. Adv. Stud. Behav. 32, 131-167.
- BERGLUND A., ROSENQVIST G., SVENSSON I., 1986. *Mate choice, fecundity and sexual dimorphism in two pipefish species (Syngnathidae)*. Behav. Ecol. Sociobiol. 19, 301-307.
- BERGLUND A., ROSENQVIST G., SVENSSON I., 1989. *Reproductive success of females limited by males in two pipefish species*. Am. Natural. 133, 506-516.
- BOISSEAU J. P., 1967. *Les réglations hormonales de l'incubation chez un vertébré mâle: Recherches sur la reproduction de l'Hippocampe*. Université de Bordeaux, 379.
- BOLT J., 1980. *La faune ichthyologique des gisements du Monte Bolca (Province de Verone, Italie)*. Bulletin du Museum d'Histoire Naturelle de Paris 4, 339-396.
- CARCUPIANO M., BALDACCI A., MAZZINI M., FRANZOI P., 2002. *Functional significance of the male brood pouch in the reproductive strategies of pipefishes and seahorses: a morphological and ultrastructural comparative study on three anatomically different pouches*. J. Fish Biol. 61, 1465-1480.
- COLLIN H. B., COLLIN S. P., 1995. *Ultrastructure and organisation of the cornea, lens and iris in the pipefish, Corythoichthys paxtoni (Syn-*

- gnathidae, Teleostei). *Histol. Histopathol.* 10, 313-323.
- COLLIN S. P., FRITZSCH B., 1993. *Observations on the shape of the lens in the eye of the silver lamprey, Ichthyomyzon unicuspis.* *Canad. J. Zool.* 71, 34-41.
- COLSON D. J., PATEK S. N., BRAINERD E. L., LEWIS S. M., 1998. *Sound production during feeding in Hippocampus seahorses (Syngnathidae).* *Environ. Biol. Fishes* 51, 221-229.
- CRESPI B., SEMENIUK C., 2004. *Parent-offspring conflict in the evolution of vertebrate reproductive mode.* *Am. Natural.* 163, 635-653.
- DAWSON C. E., 1985. *Indo-pacific pipefishes (Red Sea to the Americas).* Gulf Coast Research Laboratory, Ocean Springs, MS.
- DE LUSSANET M. H. E., MÜLLER M., 2007. *The smaller your mouth, the longer your snout: predicting the snout length of Syngnathus acus, Centriscus scutatus and other pipette feeders.* *J. Royal Soc. Interface* 4, 561-573.
- DO H. H., GRØNKJÆR P., SIMONSEN V., 2006. *Otolith morphology, microstructure and ageing in the hedgehog seahorse, Hippocampus spinosissimus (Weber, 1913).* *J. Appl. Ichthyol.* 22, 153-159.
- DROZDOV A. L., KORNIENKO E. S., KRASNOLYTSKII, A. V., 1997. *Reproduction and Development in Pipefish Syngnathus acusimilis.* *Biologiya Morya* 23, 304-308.
- DUNCKER G., 1915. *Revision der Syngnathidae.* *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut* 32, 9-120.
- ESCHMEYER W. N., FRICKE R., VAN DER LAAN R., 2016. *Catalog of fishes: genera, species, references.* <http://researcharchive.calacademy.org>.
- FIEDLER K., 1954. *Vergleichende Verhaltensstudien an Seenadeln, Schlangennadeln und Seepferdchen (Syngnathidae).* *Zeitschrift für Tierpsychologie* 11, 358-416.
- FOSTER S. J., VINCENT A., 2004. *Life history and ecology of seahorses: implications for conservation and management.* *J. Fish Biol.* 65, 1-61.
- FRANZ-ODENDAAL T. A., ADRIAENS D., 2014. *Comparative developmental osteology of the seahorse skeleton reveals heterochrony amongst Hippocampus sp. and progressive caudal fin loss.* *EvoDevo* 5, 45.
- FRANZOI P., MACCAGNANI R., ROSSI R., CECCHERELLI V. U., 1993. *Life cycles and feeding habits of Syngnathus taenionotus and S. abaster (Pisces, Syngnathidae) in a Brackish Bay of the Po River Delta (Adriatic Sea).* *Marine Ecol. Progr. Ser.* 97, 71-81.
- FRITZSCHE R. A., 1980. *Revision of the eastern Pacific Syngnathidae (Pisces: Syngnathiformes), including both recent and fossil forms.* *Proc. California Acad. Sci.* 42, 181-227.
- FROESE R., PAULY D., 2016. *FishBase.* www.fishbase.org.
- GIÓŚ, 2016. *Ocena stanu środowiska polskich obszarów morskich Bałtyku na podstawie danych monitoringowych z roku 2014 na tle dziesięciolecia 2004-2013.* Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, http://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring_wod/Ocena_stanu_srodowiska_morze_2014_na_tle_2004-2013.pdf.
- GOMON M. F., 1997. *A remarkable new pygmy seahorse (Syngnathidae: Hippocampus) from Southeastern Australia, with a redescription of H. bargibanti Whitley from New Caledonia.* *Mem. Museum Victoria* 56, 245-253.
- GOLDMAN J. N., BENEDEK G. B., 1967. *The relationship between morphology and transparency in the nonswelling corneal stroma of the shark.* *Invest. Ophthalmol. Visual Sci.* 6, 574-600.
- GRABOWSKA J., GRABOWSKI M., 2014. *Ilustrowana encyklopedia ryb Polski.* Dom Wydawniczy PWN, Warszawa.
- GRONELL A. M., 1984. *Courtship, spawning and social organization of the pipefish, Corythoichthys intestinalis (Pisces: Syngnathidae) with notes on two congeneric species.* *Zeitschrift für Tierpsychologie* 65, 1-24.
- GUDGER E. W., 1905. *The breeding habits and segmentation of the eggs of the pipefish, Siphostoma floridae.* *Proc. US Nat. Museum* 29, 447-499.
- HELCOM, 2016a. *HELCOM Red list Species Information Sheet.* <http://www.helcom.fi/Red%20List%20Species%20Information%20Sheet/HELCOM%20Red%20List%20Nerophis%20ophidion.pdf#search=Nerophis%20ophidion>.
- HELCOM, 2016b. *HELCOM Red list Species Information Sheet.* <http://www.helcom.fi/Red%20List%20Species%20Information%20Sheet/HELCOM%20Red%20List%20Syngnathus%20typhle.pdf>.
- IUCN RED LIST, 2016. *The IUCN Red List of threatened species.* www.iucnredlist.org.
- JONES A. G., AVISE, J. C., 1997. *Microsatellite analysis of maternity and the mating system in the gulf pipefish Syngnathus scovelli, a species with male pregnancy and sex-role reversal.* *Mol. Ecol.* 6, 203-216.
- JONES A. G., KVARNEMO C., MOORE G. I., SIMMONS L. W., AVISE J. C., 1998. *Microsatellite evidence for monogamy and sex-biased recombination in the Western Australian seahorse Hippocampus angustus.* *Mol. Ecol.* 7, 1497-1505.
- JONES A. G., ROSENQVIST G., BERGLUND A., ARNOLD S. J., 2000. *The Bateman gradient and the cause of sexual selection in a sex role reversed pipefish.* *Proc. Royal Soc. B* 267, 2151-2155.
- KAUP, J. J., 1856. *Catalogue of Lophobranchiate fish in the collections of the British Museum.* Taylor & Francis, London.
- KENDRICK A. J., HYNDES G. A., 2005. *Variations in the dietary compositions of morphologically diverse syngnathid fishes.* *Environ. Biol. Fishes* 72, 415-427.
- KOTLARCZYK J., JERZMANSKA A., SWIDNICKA E., WISZNIOWSKA T., 2006. *A framework of ichthyofaunal ecostratigraphy of the Oligocene-Early Miocene strata of the Polish Outer Carpathian basin.* *Ann. Societ. Geologorum Poloniae* 76, 1-111.
- KVARNEMO C., MOORE G. I., JONES A. G., 2007. *Sexually selected females in the monogamous Western Australian seahorse.* *Proc. Royal Soc. B* 274, 521-525.
- LAURENT P., 1984. *Gill internal morphology.* *Fish Physiol.* 10 (Part A), 73-183.
- LEYSEN H., ROOS G., ADRIAENS D., 2011a. *Morphological variation in head shape of pipefishes and seahorses in relation to snout length and developmental growth.* *J. Morphol.* 272, 1259-1270.
- LEYSEN H., DUMONT E. R., BRABANT L., VAN HOOBEKE L., ADRIAENS D., 2011b. *Modelling stress in the feeding apparatus of seahorses and pipefishes (Teleostei: Syngnathidae).* *Biol. J. Linnean Soc.* 104, 680-691.
- LIM A. C. O., CHONG, V. C., SAN WONG C., MUNIANDY S. V., 2015. *Sound signatures and production mechanisms of three species of pipefishes (Family: Syngnathidae).* *PeerJ* 3, e1471.

- LINDQVIST C., SUNDIN J., BERGLUND A., ROSENQVIST G., 2011. Male broad-nosed pipefish *Syngnathus typhle* do not locate females by smell. *J. Fish Biol.* 78, 1861-1867.
- LINNEUSZ K., 1758. *Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis.* <http://www.biodiversitylibrary.org/item/10277#page/12/mode/1up>.
- LOURIE S. A., PRITCHARD J. C., CASEY S. P., KY T. S., HALL H. J., VINCENT A. C. J., 1999. The taxonomy of Vietnam's exploited seahorses (family Syngnathidae). *Biol. J. Linnean Soc.* 66, 231-256.
- LYTHGOE J. N., 1976. The ecology, function and phylogeny of iridescent multilayers in fish corneas. [W]: *Light as an ecological factor II*. BAINBRIDGE R., EVANS G. C., RACKMAN O. (red.). Blackwell, Oxford, 211-247.
- MARGOŃSKI P., 1994. Some aspects of straight-nosed (*Nerophis ophidion* L.) and broad-nosed (*Syngnathus typhle* L.) pipefish biology in the Gulf of Gdańsk. *Zeszyty Naukowe UG Oceanografia* 13, 39-59.
- MASONJONES H. D., LEWIS S. M., 1996. Courtship behavior in the dwarf seahorse, *Hippocampus zosterae*. *Copeia* 3, 634-640.
- MATSUMOTO K., YANAGISAWA Y., 2001. Monogamy and sex role reversal in the pipefish *Corythoichthys haematopterus*. *Anim. Behav.* 61, 163-170.
- MCCOY E. E., JONES A. G., AVISE J. C., 2001. The genetic mating system and tests for cuckoldry in a pipefish species in which males fertilize eggs and brood offspring externally. *Mol. Ecol.* 10, 1793-1800.
- MELAMED P., XUE Y., POON J. F. D., WU Q., XIE H., YEO J., FOO T. W. J., CHUA H. K., 2005. The male seahorse synthesizes and secretes a novel C-type lectin into the brood pouch during early pregnancy. *FEBS Lett.* 272, 1221-1235.
- MULLER M., 1987. Optimization principles applied to the mechanism of neurocranium levation and mouth bottom depression in bony fishes (*Halecostomi*). *J. Theoret. Biol.* 126, 343-368.
- NELSON J. S., 2006. *Fishes of the world*. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- OLIVEIRA F., ERZINI K., GONÇALVES J. M., 2007. Feeding habits of the deep-snouted pipefish *Syngnathus typhle* in a temperate coastal lagoon. *Estuar. Coastal Shelf Sci.* 72, 337-347.
- OLIVEIRA T. P. R., LADICH F., ABED-NAVANDI D., SOUTO A. S., ROSA I. L., 2014. Sounds produced by the longsnout seahorse: a study of their structure and functions. *J. Zool.* 394, 114-121.
- ORR J. W., 1995. *Phylogenetic relationships of Gasterosteiform fishes (Teleostei: Acanthomorpha)*. PhD Thesis, University of Washington, Seattle, WA.
- PACZOLT K. A., JONES A. G., 2015. The effects of food limitation on life history tradeoffs in pregnant male gulf pipefish. *PloS One* 10, 124-147.
- PERANTE N. C., VINCENT A. C. J., PAJARO M. G., 1998. Demographics of the seahorse *Hippocampus comes* in the central Philippines. [W:] *Proceedings of the 3rd International Conference on the Marine Biology of the South China Sea*. Hong Kong University Press, Hong Kong, 439-448.
- PHAM T. M., 1992. Cultivation of the Sea Horse *Hippocampus kuda*. *Biologiya Morya* 5-6, 93-96.
- PORTER M. M., NOVITSKAYA E., CASTRO-CESEÑA A. B., MEYERS M. A., MCKITTRICK J., 2013. Highly deformable bones: Unusual deformation mechanisms of seahorse armor. *Acta Biomater.* 9, 6763-6770.
- PORTER M. M., ADRIAENS D., HATTON R. L., MEYERS M. A., MCKITTRICK J., 2015. Why the seahorse tail is square. *Science* 349, 66-83.
- PRAET T., ADRIAENS D., CAUTER S. V., MASSCHAELE B., BEULE M. D., VERHEGHE B., 2012. Inspiration from nature: dynamic modelling of the musculoskeletal structure of the seahorse tail. *Int. J. Numerical Meth. Biomed. Engine.* 28, 1028-1042.
- PREIN M., KUNZMANN A., 1987. Structural organization of the gills in pipefish (Teleostei, Syngnathidae). *Zoomorphology* 107, 161-168.
- RATTERMAN N. L., ROSENTHAL G. G., JONES A. G., 2009. Sex recognition via chemical cues in the sex-role-reversed gulf pipefish (*Syngnathus scovelli*). *Ethology* 115, 339-346.
- RIPLEY J. L., FORAN C. M., 2007. Influence of estuarine hypoxia on feeding and sound production by two sympatric pipefish species. *Marine Environ. Res.* 63, 350-367.
- ROOS G., LEYSEN H., VAN WASSENBERGH S., HERREL A., JACOBS P., DIERICK M., AERTS P., ADRIAENS D., 2009. Linking morphology and motion: A test of a four-bar mechanism in seahorses. *Physiol. Biochem. Zool.* 82, 7-19.
- ROOS G., VAN WASSENBERGH S., AERTS P., HERREL A., ADRIAENS D., 2011. Effects of snout dimensions on the hydrodynamics of suction feeding in juvenile and adult seahorses. *J. Theoret. Biol.* 269, 307-317.
- ROSENQVIST G., BERGLUND A., 2011. Sexual signals and mating patterns in Syngnathidae. *J. Fish Biol.* 78, 1647-1661.
- SAGEBAKKEN G., AHNESJÖ I., MOBLEY K. B., GONÇALVES I. B., KVARNEMO C., 2009. Brooding fathers, not siblings, take up nutrients from embryos. *Proc. Royal Soc. London B, Biol. Sci.* 277, 971-977.
- SILVA K., VIEIRA M. N., ALMADA V. C., MONTEIRO N. M., 2010. Reversing sex role reversal: compete only when you must. *Anim. Behav.* 79, 885-893.
- SKÓRA K. E., 2001. *The broad-nosed pipefish* [W:] *Polish Red Data Book of Animals. Vertebrates*. GŁOWACIŃSKI Z. (red.). PWRiL, Warszawa, 316-318.
- STEFFE A. S., WESTOBY M., BELL J. D., 1989. Habitat selection and diet in two species of pipefish from seagrass: Sex differences. *Marine Ecol. Progr. Ser.* 55, 28-80.
- STOCKLEY P., GAGE M. J. G., PARKER G. A., MOLLER A. P., 1997. Sperm competition in fishes: The evolution of testis size and ejaculate characteristics. *Am. Natural.* 149, 933-954.
- STOLTING K. N., WILSON A. B., 2007. Male pregnancy in seahorses and pipefish: beyond the mammalian model. *BioEssays* 29, 884-896.
- STRAWN K., 1958. *Life History of the pigmy seahorse Hippocampus zosterae Jordan and Gilbert at Cedar Key, Florida*. *Copeia* 1, 16-22.
- VAN LOOK K. J. W., DZYUBA B., CLIFFE A., KOLDEWEY H. J., HOLT W. V., 2007. Dimorphic sperm and the unlikely route to fertilisation in the yellow seahorse. *J. Exp. Biol.* 210, 432-437.
- VAN WASSENBERGH S., STROTHER J. A., FLAMMANG B. E., FERRY-GRAHAM L. A., AERTS P., 2008. Extremely fast prey capture in pipefish is powered by elastic recoil. *J. Royal Soc. Interf.* 5, 285-296.
- VAN WASSENBERGH S., ROOS G., AERTS P., HERREL A., ADRIAENS D., 2011a. Why the long face? A comparative study of feeding kinematics of

- two pipefishes with different snout lengths. *J. Fish Biol.* 78, 1786-1798.
- VAN WASSENBERGH S., ROOS G., FERRY L., 2011b. *An adaptive explanation for the horse-like shape of seahorses.* *Nat. Comm.* 2, 164.
- VINCENT A. C. J., 1994a. *Seahorses exhibit conventional sex roles in mating competition, despite male pregnancy.* *Behaviour* 128, 135-151.
- VINCENT A. C. J. 1994b. *Operational sex ratios in seahorses.* *Behaviour* 128, 153-167.
- VINCENT A. C. J., AHNESJÖ I., BERGLUND A., ROSENQVIST G., 1992. *Pipefishes and seahorses: are they all sex role reversed?* *Trends Ecol. Evol.* 7, 237-241.
- VINCENT A. C. J., BERGLUND A., AHNESJÖ I., 1995. *Reproductive ecology of five pipefish species in one eelgrass meadow.* *Environ. Biol. Fishes* 44, 347-361.
- WALLS G. L., 1942. *The vertebrate eye and its adaptive radiation.* The Cranbrook Institute of Science, Michigan.
- WATANABE S., WATANABE Y., OKIYAMA M., 1997. *Monogamous mating and conventional sex roles in *Hippichthys penicillus* (Syngnathidae) under laboratory conditions.* *Ichthyol. Res.* 44, 306-310.
- WATANABE S., KANEKO T., WATANABE Y., 1999. *Immunocytochemical detection of mitochondria-rich cells in the brood pouch epithelium of the pipefish, *Syngnathus schlegeli*: Structural comparison with mitochondria-rich cells in the gills and larval epidermis.* *Cell Tiss. Res.* 295, 141-149.
- WATANABE S., HARA M., WATANABE K., 2000. *Male internal fertilization and introsperm-like sperm of the seaweed pipefish (*Syngnathus schlegeli*).* *Zool. Sci.* 17, 759-767.
- WILSON A. B., ORR J. W., 2011. *The evolutionary origins of Syngnathidae: pipefishes and seahorses.* *J. Fish Biol.* 78, 1603-1623.
- WILSON A. B., VINCENT A., AHNESJÖ I., MEYER A., 2001. *Male pregnancy in seahorses and pipefishes (family Syngnathidae): rapid diversification of paternal brood pouch morphology inferred from a molecular phylogeny.* *J. Hered.* 92, 159-166.
- WILSON A. B., AHNESJÖ I., VINCENT A., MEYER A., 2003. *The dynamics of male brooding, mating patterns, and sex roles in pipefishes and seahorses (family Syngnathidae).* *Evolution* 57, 1374-1386.
- WILSON, N. G., ROUSE G. W., 2010. *Convergent camouflage and the non monophyly of 'seadragons' (Syngnathidae: Teleostei): suggestions for a revised taxonomy of syngnathids.* *Zoologica Scripta* 39, 551-558.
- ZALOHAR J., HITIJ T., KRIZNAR, M., 2009. *Two new species of seahorses (Syngnathidae, Hippocampus) from the Middle Miocene (Sarmatian) Coprolitic Horizon in Turjice Hills, Slovenia: the oldest fossil record of seahorses.* *Ann. Paleontol.* 95, 71-96.

KOSMOS Vol. 66, 2, 241-252, 2017

JAKUB DYMEK, KRZYSTYNA ŻUWAŁA

Department of Comparative Anatomy, Institute of Zoology and Biomedical Research, Jagiellonian University, Gronostajowa 9, 30-387 Kraków, E-mail: kuba.dymek@doctoral.uj.edu.pl

SELECTED ISSUES FROM THE LIFE-HISTORY OF SYNGNATHIDAE FAMILY – A FISH WITH EXTRAORDINARY REPRODUCTION

Summary

Syngnathidae belong to the Actinopterygii class. This family includes pipefishes, seahorses and seadragons. In Syngnathidae, there are distinguishable 298 species. Most of the family members live near the coasts of almost all continents in the shallow waters of coral reefs and seagrass areas. Fishes from Syngnathidae family are characterized by an elongated body covered with bony rings which form a kind of an armor. The elongated snout allows for efficient food suction. Caudal fin takes various shapes and is prehensile in the seahorses. Syngnathidae reproduction is a very interesting and widely studied aspect of their life. There occurs a phenomenon known as male viviparousness. Males incubate embryos in their brood pouch. Consequently, most of the Syngnathidae species exhibit a reversal of sex roles, which means that females are seeking and competing for males. The aim of this review is to present selected issues concerning origin, existence, anatomy, breeding and feeding of fishes from the Syngnathidae family.

Key words: syngnathidae, seahorses, pipefishes, brood pouch, male viviparousness