

FIZJOLOGIA ZWIERZĄT

MARIA PROST

Lublin

O niektórych przystosowaniach ryb do życia w środowisku wodnym

Wodny tryb życia rzutuje w wyraźny sposób zarówno na morfologię, jak i fizjologię ryb. Celem artykułu jest przedstawienie kilku przykładów przystosowań ryb do życia w środowisku wodnym, które zarazem mogą być dowodem odmienności tych zwierząt w porównaniu do kręgowców wyższych, a zwłaszcza ssaków.

Ryby mogą zasiedlać zarówno akwenty morskie, jak i słodkowodne. Stężenie rozpuszczonych w tych wodach związków chemicznych (a zwłaszcza soli) jest różne. Stąd też odmienny musi być mechanizm regulacji ciśnienia osmotycznego u ryb morskich i słodkowodnych. W regulacji tej istotną rolę odgrywa proces osmozy, według którego kierunek przenikania rozpuszczalnika tj. wody zachodzi od roztworu o mniejszym do roztworu o większym stężeniu. U ryb morskich, w których krwi stężenie soli jest mniejsze niż w otaczającym środowisku, woda przenika głównie przez błony komórek nabłonkowych skrzelu z organizmu do środowiska zewnętrznego. U ryb słodkowodnych natomiast kierunek przenikania wody jest odwrotny, gdyż stężenie rozpuszczonych związków chemicznych we krwi jest wyższe niż w otaczającym środowisku; woda przedostaje się więc przez błony komórek skrzelu do organizmu ryb. Efektem tych dwóch odmiennych kierunków osmozy jest konieczność u ryb morskich obrony przed nadmierną utratą wody z ich organizmu, zaś u ryb słodkowodnych przed nadmierną jej ilością i tym samym zbyt wysokim ciśnieniem osmotycznym.

Najprostszym sposobem uzupełnienia braku wody w organizmie ryb morskich jest jej picie. Wydawać się to może dziwne, ale ryby, i to tylko morskie, mimo że żyją w środowisku wodnym, zmuszone są do stałego picia wody. Polykając ją wprowadzają równocześnie do przewodu pokarmowego duże ilości różnych soli. Nabłonek przewodu pokarmowego posiada zdolność wybiórczego zatrzymywania lub przepuszczania poprzez ścianę jelitową określonych związków. Pewne z nich, jak np. sole miedzi, magnezu i siarczany nie są wchłaniane, lecz wydalone wraz z kałem ryb. Inne natomiast, jak np. sole sodu, potasu i chlorki przenikają z przewodu pokarmowego do krwi. Nadmiar tych soli jest jednak wydalany z organizmu ryb morskich przez niektóre, wyspecjalizowane w tym celu komórki skrzelowe. Wynika z tego, że skrzelu ryb mor-

skich są nie tylko narządem oddechowym, ale częściowo także wydalniczym. Właściwy narząd wydalniczy — nerki mają więc u ryb morskich ograniczoną funkcję. Stąd też narząd ten jest zaopatrzony jedynie w niewielką liczbę kłębuszków naczyniowych, a ilość wydalanego moczu jest bardzo mała. Wynosi ona około 1,2 ml na kilogram masy ciała ryby.

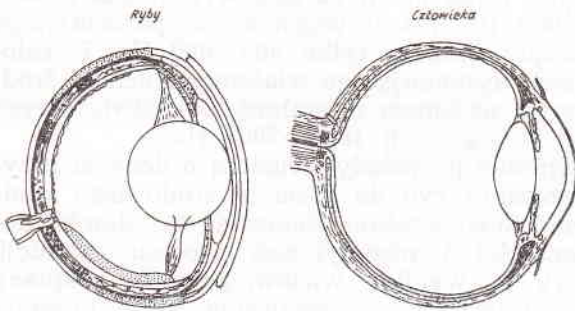
Ryby słodkowodne, które zmuszone są usuwać nadmiar wody ze swych komórek, wydala ją przez właściwy narząd wydalniczy, jakim są nerki. Stąd też u ryb słodkowodnych narząd ten zawiera dużo kłębuszków, a ilość wydalanego moczu jest znaczna. Wynosi ona 60—300 ml na kilogram masy ciała.

Opisany mechanizm osmoregulacji u ryb morskich dotyczy dużej grupy ryb kostnoszkieletowych (*Osteichthyes*). Odmienny jest on jednak u grupy chrzęstnoszkieletowych (*Chondrichthyes*), jak np. u rekinów, raji i in. Regulacja ciśnienia osmotycznego u tych ryb jest podobna do odbywającej się u ryb słodkowodnych. Jest to możliwe dzięki temu, że pewne odcinki nabłonków kanalików nerkowych ryb chrzęstnoszkieletowych mają zdolność powrotnego wchłaniania mocznika z moczu pierwotnego do krwi. Powoduje to tak duże stężenie mocznika we krwi tych ryb, że staje się ona hipertoniczna w porównaniu do otaczającej wody morskiej. W tym przypadku kierunek osmozy jest więc taki jak u ryb słodkowodnych — od środowiska wodnego do organizmu ryby. Nerki ryb chrzęstnoszkieletowych, podobnie jak ryb słodkowodnych, zaopatrzone są w liczne kłębuszki naczyniowe, a ilość wydalanego moczu jest duża. Niełatwo jest uzasadnić, jakie były przyczyny wykształcenia w procesie ewolucji u ryb chrzęstnoszkieletowych tak swoistego mechanizmu osmoregulacji. Podobnie trudno jest wytłumaczyć brak szkodliwości dla organizmu tych ryb nadzwyczaj wysokiego stężenia mocznika we krwi, które może wynosić 1,6—1,7%. Dla porównania u człowieka stężenie mocznika we krwi wynosi 0,026—0,003%.

Innym przykładem przystosowania ryb do życia w środowisku wodnym jest regulacja ubarwienia skóry. U znacznej większości ryb strona grzbietowa ciała jest ciemniejsza niż strona brzuszna. Jest to ubarwienie ochronne, gdyż ryba widziana przez napastnika z góry staje się mniej widoczna na tle ciemnego podłoża, zaś widziana z dołu jest również mniej widoczna na tle jasno oświetlonego przezrocz-

wody. Niektóre ryby, np. morskie płastugi prowadzące denny tryb życia upodobniają barwę swej skóry tak idealnie do barwy dna, że trudno je wprost dostrzec.

Zmiana barwy skóry u ryb jest wynikiem przemian odbywających się w komórkach zwanych chromatoforami. Ruch i przemieszczanie się ziaren ciemnego barwnika w ich cytoplazmie powoduje zmianę barwy skóry (skupianie się barwnika w centrum komórki — barwa jasna, rozprzestrzenienie w całej cytoplazmie rozgałęzionej komórki — barwa ciemna). Praca chromatoforów regulowana jest na drodze wegetatywnego układu nerwowego oraz na drodze hormonalnej. Do wyzwolenia reakcji zmiany barwy konieczny jest jednak bodziec wzrokowy. Stąd też płastugi denne pozbawione wzroku tracą zdolność upodobniania barwy swej skóry do podłoża. Jeśli więc ryba musi zauważyć najpierw barwę podłoża zanim zmieni kolor skóry — zachodzi pytanie: jak ryby widzą i czy odróżniają barwy?



Ryc. 1. Budowa gałki ocznej ryby i człowieka

Budowa gałki ocznej ryby jest w zasadzie podobna do gałki ocznej ssaka (ryc. 1). Są jednak pewne zasadnicze różnice, które decydują o nieco odmiennym widzeniu. Soczewka oka ryb jest kulista, a ściany jej bardzo twarde. Występujący tylko u ryb mięsień (zwany sierpowatym), przytwierdzony do soczewki, powoduje w czasie skurczu i rozkurczu przybliżanie i oddalanie jej od źrenicy; w ten sposób odbywa się regulowanie ostrości widzenia, czyli akomodacja oka. Soczewka ssaków o kształcie soczewkowatym ma ściany elastyczne, co umożliwia akomodację poprzez zmianę jej kształtu. Tego rodzaju sposób regulacji ostrości widzenia jest niemożliwy u ryb ze względu na sztywność, a zatem brak elastyczności ścian soczewki.

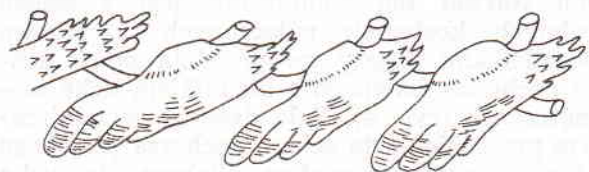
Następstwem kulistego kształtu soczewki ryb jest skupianie załamanych przez nią promieni świetlnych jeszcze przed siatkówką. Świadczy to o krótkowzroczności ryb. Zwierzęta te widzą więc dobrze tylko przedmioty znajdujące się w niewielkiej od nich odległości.

Zdolność odróżniania barw zależna jest, jak wiadomo, od reakcji komórek siatkówki zwa-

nych czopkami. Badania doświadczalne wykazały, że czopki oka ryb reagują na promienie widma słonecznego o znacznym zakresie długości fal. I tak np. długość najkrótszych fal widma, na które mogą reagować czopki oka ryb wynosi 313 nm. Dla porównania u człowieka wynosi ona 396 nm. Stąd wniosek, że ryby mają zdolność odróżniania barw i to w zakresie wcale nie mniejszym, a nawet nieco większym niż człowiek.

O zdolności odróżniania barw przez ryby można się przekonać przy pomocy prostego, praktycznego doświadczenia. Do akwarium z rybami wprowadzamy kilka naczyń jednakowych kształtem, lecz różniących się barwą. Do naczynia czerwonego podajemy karmę. Ryby szybko orientują się i zawsze bezbłędnie podpływają do naczynia czerwonego pomimo, że położenie naczyń za każdym razem jest zmieniane. Opisane dane wskazują, że ryby odróżniają barwę przedmiotów, ale widzą je tylko z niewielkiej odległości.

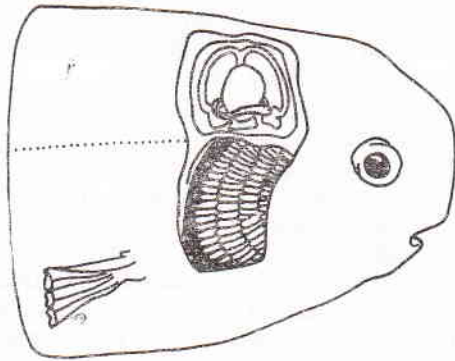
Krótkowzroczność ryb może wzbudzać pewne wątpliwości: czy nie zachodzi tu jakieś uchybienie, czy błąd procesu ewolucji? Przecież rybom, narażonym na atak różnych napastników, konieczne jest widzenie na dalszą odległość, gdyż zauważenie nieprzyjaciela dopiero w ostatniej chwili uniemożliwiłoby im ucieczkę. Nie zachodzi tu jednakże żadna niedokładność procesu ewolucji. W wyniku innego kierunku ewolucyjnego u ryb wykształciło się bowiem urządzenie, które z powodzeniem uzupełnia i koryguje krótkowzroczność tych zwierząt. Jest nim narząd linii nabocznej, stanowiący typowy przykład przystosowania ryb do życia w środowisku wodnym. Jest to narząd zmysłu stanowiący jakby radar wodny ryb. Położony jest on pod skórą wzdłuż linii nabocznej po obu stronach ciała ryby. Może on być odmiennie zbudowany u różnych grup ryb, ale najczęściej ma kształt rurkowaty, z wieloma bocznymi odgałęzieniami skierowanymi ku powierzchni skóry. Boczne rurki tego narządu mogą przechodzić przez łuski (ryc. 2). Narząd ten bogato unerwiony sygnalizuje rybce zbliżanie się ruchomych przedmiotów. Otwarte zakończenia bocznych rurki narządu linii nabocznej są bowiem receptorami bodźców w postaci ruchów fali wodnej. Czułość tego narządu zmysłu jest tak duża, że ryby orientują się o zbliżających się organizmach znajdujących się jeszcze w znacznej odległości.



Ryc. 2. Narząd linii nabocznej u ryb

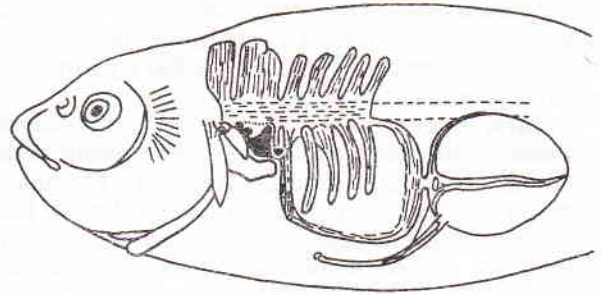
Jak sprawny jest narząd linii nabocznej można się przekonać obserwując polowanie drapieżnych szczupaków, które celowo pozbawiono wzroku. Ich atak i skuteczność polowania na inne ryby jest niemniej doskonały jak u szczupaków nieoślepionych. Z chwilą jednak, gdy ryba jest nieruchoma (np. martwa, leżąca na dnie) staje się niezauważalna przez oślepienie szczupaki.

O działaniu linii nabocznej można się również przekonać obserwując ruchy ryb w szklanym akwarium. Podczas zbliżania się do przezroczystej ściany ryby nigdy nie uderzają w nią pyszczkami, lecz skierowują się w inną stronę. Dzieje się tak dlatego, że odbita od szkła fala wodna sygnalizuje rybce poprzez narząd linii nabocznej znajdującą się przed nią przeszkodę.



Ryc. 3. Położenie ucha wewnętrznego u ryb

Oprócz zmysłu linii nabocznej istnieje jeszcze inny narząd, który może orientować ryby o zbliżającym się niebezpieczeństwie. Jest to narząd słuchu. Składa się on u ryb jedynie z ucha wewnętrznego, brak bowiem ucha zewnętrznego i środkowego, występujących u wyższych kręgowców. Ucho wewnętrzne ryb położone jest w części głowowej ciała, po stronie grzbietowej (ryc. 3). Jest zbudowane z trzech kanałów półkolistych i woreczka słuchowego i połączone z powierzchnią skóry na głowie przy pomocy cienkiego kanału endolimfatycznego. Zakończenie tego kanału odbiera bodźce dźwiękowe. Taki narząd słuchu nie zapewnia jednak rybce dobrego słyszenia. Dlatego też u ryb niedrapieżnych, mogących być ofiarami napaści zwierząt wodnych, wykształciła się w procesie ewolucji inne urządzenie, usprawniające odbiór bodźców dźwiękowych. Jest nim narząd Webera, występujący głównie u niedrapieżnych ryb karpiowatych. Narząd ten zbudowany jest z trzech drobnych kosteczek połączonych szeregowo więzadełkami. Łączy on przednią powierzchnię pęcherza pławnego z błędnikiem ucha wewnętrznego (ryc. 4). Fale dźwiękowe odbierane są przez błoniastą ścianę pęcherza pławnego i przekazywane narządem Webera do ucha wewnętrznego. Mimowoli nasuwa się tu po-



Ryc. 4. Połączenie pęcherza pławnego z błędnikiem przy pomocy narządu Webera

równanie budowy ucha środkowego u ssaków, w którym fale dźwiękowe odbierane są przez błonę bębenkową, a dalej przekazywane do ucha wewnętrznego przez trzy kostki słuchowe. Dzięki dodatkowemu urządzeniu, jakie stanowi narząd Webera, zdolność odbioru fal dźwiękowych u ryb karpiowatych jest znacznie lepsza niż u ryb pozbawionych tego narządu. I tak np. u karasia wynosi ona 3000—4000 Hz, zaś u węgorza nie posiadającego narządu Webera tylko 500—600 Hz. U człowieka, dysponującego właściwym uchem środkowym najlepsza słyszalność fal dźwiękowych jest w granicach 1000—3000 Hz.

Opisane przykłady świadczą o dobrym przystosowaniu ryb do życia w środowisku wodnym. Równocześnie stanowią one dowód doskonałości i nieomyślności procesu ewolucji, który w wyniku wielowiekowych adaptacji doprowadza do wykształcenia się u organizmów żywych najbardziej korzystnych dla nich cech.

Adres autora: prof. dr Maria Prost, ul. Akademicka 12, 20-033 Lublin.

McKENZIE R. A., DONALD B. A., DIMMOCK C. K.: Doświadczalne zakażenia bydła *Corynebacterium equi* infections of cattle. J. comp. Pathol. 91, 347—353, 1981 (3).

Badania przeprowadzono na 17 jałówkach w wieku 6—12 miesięcy pochodzących ze stad wolnych od gruźlicy. *Corynebacterium equi* podano dotchawicowo i do węzła chłonного przedłopatkowego w dawce 20 mg, względnie podskórną w dawce 30 i 40 mg. Ziarniniaki występowały u 2 z 3 jałówek zakażonych dotchawicowo i u wszystkich 10 jałówek zakażonych podskórną oraz u 4 jałówek zakażonych do węzła chłonного przedłopatkowego. Po iniekcji notowano przejściowe podwyższenie temperatury ciała, obrzęk i miejscowe podwyższenie temperatury w miejscu iniekcji. We krwi wzrastała liczba neutrofilów i monocytów, obniżała się liczba limfocytów i zawartość hemoglobiny. W żadnym przypadku nie obserwowano zajęcia płuc. Prawie identyczne zmiany dawały szczepki *C. equi* wyizolowane od koni i od bydła. Szczepki *C. equi* wyizolowane ze zmian skórnych i z węzłów chłonnych oraz w jednym przypadku z miejsca wkłucia do tchawicy.

G.