

## Ćwiczenie 12

### Ptaki

Gromada aves (ptaki)

#### Cechy wyróżniające

Skóra ptaków pokryta jest keratynowymi piórami. Część szkieletu jest spneumatyzowana. Szczęki z rogowym dziobem, przednia para kończyn przekształcona jest w skrzydła. U ptaków latających na mostku występuje listwa kostna - grzebień. Ptaki są kręgowcami jajorodnymi, stałocieplnymi, o temperaturze ciała 39,5°C. Serce złożone jest z dwóch przedsionków i dwóch komór, układ oddechowy tworzą płuca i system worków powietrznych. Brak pęcherza moczowego, u samic występuje tylko jeden jajnik i jajowód (lewy).

#### Pochodzenie ptaków

Ptaki prawdopodobnie pochodzą od nadrzewnych gadów naczelných. Występowanie piór jest jedyną cechą jednoznacznie wyznaczającą granicę pomiędzy gadami i ptakami. Pióra są być może zmodyfikowanymi łuskami, ale przekształcenie to nie jest udokumentowane paleontologicznie.

Ewolucja doprowadziła do przekształcenia kończyn przednich w skrzydła (początkowo powierzchnie lotne były również na kończynach tylnych), wykorzystywane do aktywnego lotu. Aparat mięśniowy tych kończyn rozbudowywał się i nastąpiło przesunięcie środka ciężkości do pasa barkowego. Najstarszy znany ptak z późnej jury (145 mln lat), *Archaeopteryx*, miał szkielet typowego gada naczelnego: długi ogon, zęby i dłonie z pazurami a lotki lub sterówki na czterech kończynach i wzdłuż ogona.

U przodków dzisiejszych ptaków z okresu kredowego uformował się skostniały mostek, ogon uległ skróceniu do masywnego pygostylu a rogowy dziób zastąpił zęby. Ostatnie uzębione ptaki dotrwały do końca ery dinozaurów (późnej kredy), współwystępując z formami bardziej zaawansowanymi. Od tych czasów pierwotne ptaki gniazdują na ziemi a ich pisklęta są zdolne do lotu wkrótce po wykluciu (skrajne zagniazdowniki). Nie jest jednak pewne czy wygrzewanie jaj w gnijącej ściółce przez australijskie nogale, jak czynią to również krokodyle, jest dziedzictwem po gadzich przodkach. Prawie wszystkie dzisiejsze ptaki wysiadują jaja. Skrzydła niektórych reliktowych form zaopatrzone są wciąż w pazury. W ewolucji następowało stopniowe rozszerzanie opieki nad potomstwem oraz wicie gniazd w dziuplach, a potem na gałązkach drzew.

#### Zarys anatomii funkcjonalnej

Szereg cech budowy ciała ptaków wykazuje cechy przystosowania do lotu. Pióra zewnętrznej warstwy mają długie i sztywne stosiny. Należą do nich lotki w skrzydłach, sterówki w ogonie oraz pióra pokrywowe na po-wierzchni ciała. Pióra puchowe leżące pod nimi i stanowiące warstwę termoizolacyjną mają miękkie stosiny i chorągiewki. Są również pióra bez chorągiewek (szczeciniaste). Pełnią głównie funkcję ochronną i występują u nasady dzioba (sowy, kozodoje), w okolicach nozdrzy (krukowate) oraz oczu (emu, dzioborożec).

Szkielet ptaków jest mocny a przy tym lekki, większość kości (oprócz kości dłoni, czaszki, miednicy i przed-ramienia) jest wypełniona powietrzem. Czaszka ptaków ma silnie rozwiniętą mózgowczaszkę, kości szczęk i podniebienia są elastycznie połączone.

Kręgosłup zbudowany jest przeważnie z kręgów o siodełkowatych i tyłowlęsłych trzonach. Kręgi odcinka piersiowego, lędźwiowo-krzyżowego i ogonowego zrastają się ze sobą, co jest jedną z cech przystosowawczych do lotu, gdyż zapewnia odpowiednią sztywność ciała. Ostatnie zrośnięte kręgi odcinka ogonowego (pygostyl) są wsparciem dla sterówek ogona.

Mostek ptaków jest u większości z nich dużą kością zamykającą klatkę piersiową od dołu. Kostny grzebień na mostku jest miejscem przyczepu dla dużych mięśni piersiowych poruszających skrzydłami. Mięsień piersiowy pociąga skrzydło w dół zaś mięsień kruczo-ramienny (antagonistyczny do poprzedniego) unosi je do góry. Zrośnięte obojczyki (*furcula*) stabilizują pas barkowy przy skurczach mięśni piersiowych. Żebra mostkowe składają się z dwóch części połączonych ruchomo, co umożliwia zmiany objętości klatki piersiowej i oddycha-nie. Wyrostki haczykowate na żebrach umożliwiają nachodzenie ich na siebie i usztywnienie górnej części klatki piersiowej.

Kości łonowe są szeroko rozstawione na boki, co wiąże się ze składaniem dużych jaj. U ptaków nielotnych mięśnie pasa biodrowego i kończyn tylnych przejmują główną rolę lokomotoryczną.

U niektórych ptaków (np. kuraki i gołębie) przełyk rozszerza się w wole, które może być parzyste lub pojedyncze. Jego wielkość i budowa zależy od rodzaju pokarmu a także od funkcji, jakie spełnia. Żołądek dzieli się na część gruczołową, w której produkowane i wydzielane są soki trawienne oraz żołądek mięśniowy, który rozciera pokarm. Niestrawione resztki pokarmu mogą być przez niektóre ptaki (sowy, drapieżne, kozodoje, dzierzby, jerzyki) usuwane w postaci wypluwek przez otwór gębowy.

Płuca ptaków są zwarte i pozbawione opłucnej. Od głównego oskrzela odchodzą oskrzela grzbietowe (wdechowe) i oskrzela brzuszne (wydechowe). Oskrzela nie dzielą się, lecz przechodzą przez płuca i otwierają się do worków powietrznych - charakterystycznych dla ptaków struktur o cienkich, błoniastych ścianach. Oprócz funkcji oddechowych worki pełnią również funkcje termoregulacyjne.

Serce ptaków jest czterodziałowe, składa się z dwóch przedsionków i dwóch całkowicie oddzielonych od siebie komór. Do prawego przedsionka uchodzi krew żylna, która po przejściu przez prawą komorę serca trafia do płuc, skąd wraca do lewego przedsionka a następnie lewej komory i aorty, skąd tłoczona jest naczyniami tętniczymi na obwód.

Parzyste, umieszczone pod kręgosłupem trójpłatowe nerki wydalają do kloaki kwas moczowy. Brak pęcherza moczowego u ptaków z wyjątkiem strusi jest kolejnym wyrazem przystosowania do lotu poprzez zmniejszenie masy ciała.

Jądra są parzyste. Odziedziczony po gadach naczelnych penis występuje tylko u ewolucyjnie pierwotnych ptaków. Układ rozrodczy żeński jest zredukowany do lewej części.

Układ nerwowy jest bardzo dobrze rozwinięty w związku z intensywną przemianą materii i umiejętnością latania. Silnie rozwiniętą częścią mózgu jest mózdzek odpowiedzialny za koordynację ruchów. Najlepiej rozwiniętymi narządami zmysłów są oczy i uszy a wzrok u ptaków jest często lepszy niż u ssaków. Akomodacja osiągana jest w dwojaki sposób: poprzez zmianę kształtu soczewki lub całej gałki ocznej. Narząd słuchu ma plan budowy taki jak u gadów. Ucho wewnętrzne ma bardzo dobrze rozwinięte kanały półkoliste.

Ptaki mają dobrze rozwinięty narząd zmysłu magnetycznego. Umożliwia to dobrze latającym ich przedstawicielom wędrówki na znaczne odległości.

### **Zagniazdowniki**

Kości dzioba i podniebienia ptaków pierwotnie były ze sobą ściśle połączone, wykazując jednak pewną elastyczność. Stan taki zachował się u części ptaków dzisiejszych. Najprimitywniejsze z nich pod względem biologii anatomii to południowoamerykańskie stepowe **tinamu**. Dziób reliktoowego, nietotnego **kiwi** z Nowej Zelandii może się łatwo zginać. Kiwi ma pazury na szczątkowych skrzydłach; składa proporcjonalnie największe jajo wśród ptaków. Odmiennie na każdym z kontynentów **strusie** są relikdami niegdyś szeroko rozprzestrzenionej i zróżnicowanej grupy nietotnych ptaków o sztywnej konstrukcji kostnego podniebienia.

Pozostałe dzisiejsze ptaki mają ruchome połączenie kości podniebienia i dzioba. Słabe umiejętności lotne **kuraków** i podobieństwo ich biologii do tinamu są prawdopodobnie dziedzictwem historycznym. Do grupy tej należą australijskie nogale (Megapodidae) o biologii rozrodu zadziwiająco podobnym do krokodyli. Ich jaja składane w dużej liczbie wylęgają się pod przykryciem ziemi i ściółki lub w norach wygrzebanych w ziemi. Nie opiekują się pisklętami, które bardzo wcześnie nabywają zdolność do lotu, podobnie jak ptaki z okresu kredowego. Sądząc z budowy piór są one pierwotniejsze od wszystkich kuraków.

Ptaki blaszkodziobe, do których należą gęsi i **kaczki**, przystosowały się do odcedzania pokarmu z wody napodniebiennych listewkach. Mają krótkie nogi i stopy z błoną pławną rozpiętą pomiędzy trzema palcami. Wydzielina silnie rozwiniętego gruczołu kuprowego chroni pióra przed nasiąkaniem wodą a gruba warstwa piór puchowych przed utratą ciepła. Niektóre są trwale monogamiczne (łabędź ze słabo zaznaczonym dymorfizmem płciowym), inne monogamiczne sezonowo (kaczka krzyżówka). Świadectwem ich pochodzenia od najprimitywniejszych kuraków jest występowanie form pośrednich. Południowoamerykańskie anhimy żyją w pobliżu wody i potrafią pływać, ale dziób mają zaostroszony niczym kuraki. Australijska *Anseranas* ma typowe dla gęsi spłaszczenie dzioba z filtracyjnymi blaszkami, ale nie ma błony pławnej na stopach a pióra wymienia stopniowo. Blaszkdziobe, tak jak strusie, zachowały organy kopulacyjne odziedziczone po gadach, które u większości ptaków zanikły.

Anatomicznie najprimitywniejsze kuraki w dzisiejszych faunach słabo latają a ich upierzenie nie jest szczególnie barwne, co różni je od wyższych kuraków z wyrazistym dymorfizmem płciowym, skórnymi „koralami” na głowie i upierzeniem godowym. Niezwykle jest bogactwo zachowań godowych Kuraki mają mocne nogi i duże stopy z pazurami przystosowanymi do grzebania. Gnieźdzą się głównie na ziemi, ich młode są zagniazdownikami. W ich diecie duży udział mają nasiona, których rozcieranie wymaga mocno umięśnionego żołądka. Niektóre (np. kura) dla efektywniejszego rozdrabniania pokarmu połykają kamyki (podobnie jak kopalne gady naczelne). Skrajnie przystosowane do pokarmu roślinnego są głuszce, potrafiące wykorzystać jako pokarm igły sosnowe.

Liczne gatunki kuraków i blaszkodziobych zostały udomowione przez człowieka.

### **Gniazdowniki naziemne**

Właściwe kurakom rozdęcie przetyku (wole), w którym pokarm wstępnie przygotowywany jest do obróbki w żołądku, występuje również u **gołębi**. To stosunkowo lepiej latające ptaki, które opiekują się bezradnymi pisklętami karmiąc je w gnieździe. Służy do tego wydzielina gruczołów wola (ptasie mleczko).

Siewki zajmują kluczową pozycję w drzewie rodowym nowoczesnych ptaków. Najpierwotniejsze z nich mają po pazurze na skrzydłach. Są przeważnie długonogimi, szybko biegającymi ptakami związanymi z wodą. Mają długie ostre dzioby. Bardzo dobrze latają i większość gatunków jest wędrowna. Budują gniazda w zagłębieniach na ziemi, często w dużych koloniach. U niektórych gatunków słabo jest zaznaczony dymorfizm płciowy i występuje monogamia. Zróżnicowanie całego rzędu siewek wykazuje pogłębiający się związek z wodą. W Antarktyce występują ptaki, które mają szczątkowy pazur na skrzydle i stopy bez błony pławnej, ale poza tym przypominają mewy. Są zatem wiążącym ogniwem do doskonale latających wodnych ptaków o stosunkowo krótkich nogach takich jak **wydrzyki**, które mają błonę pławną na stosunkowo krótkich nogach. **Mewy** są jeszcze lepszymi od nich lotnikami o długich zaokrąglonych skrzydłach. Szczyt ewolucyjnego doskonalenia lotu kosztem umiejętności poruszania się po lądzie osiągnęły **rybitwy**. Mają nogi tak krótkie, że rzadko używają ich do chodzenia.

Kulminację przeciwną tendencji do wydłużania nóg prezentują flamingi, które cedzą wodę jak blaszkodziobe i bywają wiązane z tą grupą ptaków.

Najbardziej charakterystyczną cechą związanych ściśle z wodą **pelikanów jest** błona pławna rozpięta pomiędzy czterema palcami nogi. Ich nagie pisklęta wymagają opieki. Spośród mniej lub bardziej odległych krewniaków pelikanów najlepiej przystosowane do lotu są fregaty, a najsłabiej **kormorany**, które mogą głęboko nurkować mocząc upierzenie i susząc je potem długo na wietrze.

Ptaki żyjące w morskim środowisku muszą regulować równowagę osmotyczną organizmu poprzez wydzielanie nadmiaru soli. Wykorzystują do tego odziedziczone po gadzich przodkach solne gruczoły nosowe. U najdalej związanych z morzem rurkonosych wraz z rozrostem tych gruczołów charakterystycznej modyfikacji pod-legła budowa nozdrzy. Do grupy tej należą zarówno nadzwyczaj sprawnie i szybko, niczym jaskółki, latające petrele jak i największe morskie ptaki, dziś ograniczone do oceanów południowej półkuli, bardzo sprawnie i wytrwale szybujące niemal bez poruszania skrzydłami - **albatrosy**.

Razem z siewkami ornitologowie klasyfikują alki, które jednak wykazują zgoła odmienne od nich przystosowania ekologiczne. Doskonale pływają i nurkują, ale są niezbyt sprawne w locie. Nurkując posługują się techniką podwodnego lotu, co pozostaje w sprzeczności z wykorzystywaniem skrzydeł do fruwania. Nic dziwnego, że wśród alek były niegdyś formy bezlotne, analogiczne do antarktycznych pingwinów.

**Pingwiny** są dziś jedyną grupą morskich nielotnych ptaków. Tak jak alki, posługują się skrzydłami w pod-wodnym locie. Kończyny tylne przesunięte są na koniec tułowia, z czego wynika mniej lub bardziej spionizowana postawa ciała podczas kroczenia po lądzie. Wszystkie palce stóp są skierowane do przodu a trzy z nich spięte błoną pławną. Powstanie i ewolucja pingwinów nierozłącznie związane były z ekosystemem antarktycznym. Największy z wymarłych pingwinów był w wyprostowanej postawie wzrostu człowieka. Te najstarsze pingwiny miały dłuższą szyję, niż dzisiejsze, a kształt dzioba i kręgów sugeruje, że ich krewniakami są nury. Świadczą o tym również podobieństwa w budowie piór. **Nury** doskonale pływają, ale z wysiłkiem, po długim rozbiegu wznoszą się w powietrze. Nury i pingwiny (podobnie jak niespokrewnione perkozy) mają bardzo krótkie ogony, co jest cechą wskazującą na pewne aerodynamiczne wyrafinowanie ich przodków.

Gałąź rozwojową żurawi cechuje do dziś archaiczna boczna elastyczność kręgosłupa. Związane z wodą łyski nie mają na palcach nóg błony pławnej, lecz skórzaste płyty na palcach. Podobne przystosowanie cechuje też **perkozy** o bardzo daleko posuniętych specjalizacjach anatomicznych i niejasnych pokrewieństwach.

#### **Nadrzewne gniazdowiki i doskonalenie lotu**

Południowoamerykański **hoacyn** znany jest z tego, że młode mają szpony na palcach skrzydeł ułatwiające łaźnienie po gałęziach drzewa, na którym jest gniazdo. Jest to jedyny ptak, który żywiąc się liśćmi wspomaga trawienie fermentacją w szczególnie rozbudowanym wolu. Odległymi krewniakami hoacyna są **kukułki**, które mają dwa palce stopy skierowane do tyłu. Wiele z nich jest pasożytami gniazdowymi, podrzucającymi jaja do wysiadania ptakom innych gatunków.

Nocne owadożerne **lelki** cechuje doskonały słuch, który wykorzystują do echolokacji. Ich krótki dziób obrzeża jedynie szeroką paszczę. Są gniazdownikami a pokarmem są głównie owady chwytane w locie. Dziś są grupą reliktową

Krótkonogie **jerzyki** to małe, doskonale latające ptaki o słabych czepnych nogach. Wszystkie cztery palce ich stopy skierowane są do przodu. Są najwcześniej uformowaną grupą dobrze latających ptaków. Krewniakami jerzyków są niedawne ewolucyjnie **kolibry**, wyłącznie z Nowego Świata, wśród których są najmniejsze żyjące ptaki. Latają na tych samych zasadach, co najwyżej uorganizowane owady szybko trzepocąc skrzydłami. Potrafią fruwać w miejscu i do tyłu. Spijają nektar kwiatowy podobnie jak ćmy zawisaki.

#### **Ptaki drapieżne**

**Bociany** należą do ptaków brodzących, które cechują długie nogi i dziób. Budują gniazda na drzewach (dziś także na zabudowaniach). Mają słabo wykształconą krtani i przez to ograniczone możliwości wydawania głosów (dłatego klekoczą dziobem). Na zimę odlatują stadami na południe.

Cechy charakterystyczne ptaków **drapieźnych** to ostry, silnie zakrzywiony dziób, palce ze szponami oraz doskonały wzrok. To znakomici lotnicy, niektóre o ogromnych skrzydłach z rozczapierzonymi końcowymi lotkami, co ogranicza zawirowania powietrza. Wykazują pewien dymorfizm płciowy i samica jest zazwyczaj większa od samca. Gniazdują na drzewach a młode, pokryte puchem, wymagają opieki obojga rodziców. Oczy osiągnęły nadzwyczajną doskonałość w ewolucji **sokołów**, identyfikujących ofiary z wysokości.

Natomiast **sowy** pędzą nocny tryb życia i bardzo dobrze słyszą. Skrócenie czaszki i przesunięcie oczu umożliwiło im widzenie stereoskopowe. Jaja składają w dziupli. Dzięki miękkiemu upierzeniu latają prawie bezszelestnie.

**Gniazdowanie w dziuplach i komplikacja zachowań rozrodczych. Kraski** są najpierwotniejszymi przedstawicielami grupy ptaków o nadzwyczajnej różnorodności cech przy nie-wielkiej stosunkowo liczbie gatunków, co jest wyrazem ich reliktowej natury. Wiąże je gniazdowanie w dziuplach, anatomiczna pierwotność i bardzo barwne upierzenie. Ich przodkowie w dawnych epokach geologicznych zajmowali nisze ekologiczne dzisiejszych wróblowatych. **Dudek** wyspecjalizował się w zjadaniu turkuci wydobywanych długim dziobem z gleby, choć odżywia się i innymi zwierzętami glebowymi. Rybożerne **zimorodki** są najbardziej ptakami naszej strefy klimatycznej.

Ptaki z gałęzi rozwojowej **dzięciołów** cechuje skierowanie ku tyłowi dwu palców stopy - znane również u papug i kukułek, ale najprawdopodobniej powstałe niezależnie w każdej z tych grup. Wywodzą się najprawdopodobniej z kraskowatych Nowego Świata, gdzie dziś żyją zarówno rozmaite prymitywne ich grupy, jak i owocożerne **tukany** o ogromnych, ale lekkich dziobach. Dziś dzięcioły ograniczone są do strefy klimatu umiarkowanego. Najprymitywniejszy z dzięciołów krętogłów jest drobnym ptaszkiem bez szczególnych modyfikacji anatomicznych. W ewolucji właściwych dzięciołów nastąpiło usztywnienie piór ogona i daleko posunięte dostosowanie konstrukcji czaszki do mechanicznych naprężeń przy kuciu spróchniałego drewna w poszukiwaniu owadów. Służy temu nieprawdopodobne wydłużenie języka.

Jaskrawe ubarwienie, nadrzewny tryb życia i gniazdowanie w dziuplach cechuje także **papugi**. Górna połowa ich mocno zakrzywionego dzioba jest ruchomo połączona z czaszką. Stopy mają dwa środkowe palce skierowane do przodu, a pozostałe do tyłu. Zamieszkują głównie lasy tropikalne i subtropikalne.

#### **Wicie gniazd**

Najmłodszą filogenetycznie i najbardziej zróżnicowaną grupą ptaków są **wróblowate**, obejmującą około 60% gatunków wszystkich dzisiejszych ptaków. Anatomicznie są raczej mało charakterystyczne i wyróżniają je szczegóły budowy podniebienia, stopy i plemników, a w szczególności krtani. Duży kciuk jest skierowany na-przeciwległe do pozostałych palców i może być zginany niezależnie.

Na południowych kontynentach rozprzestrzenione są też stosunkowo pierwotne wróblowate krzykliwe, które wyróżnia szczególna budowa kostki słuchowej. Zapewne w tym rejonie świata wróblowate powstały i podlegały różnicowaniu. Wśród południowych gatunków są takie, które mają nadzwyczaj rozbudowane zachowania godowe (np. altanniki). Wróblowate są bowiem znacznie sprytniejsze w zachowaniach od pozostałych ptaków, nawet drapieźnych i papug. Splatają gałązki lub źdźbła traw w gniazda o znacznej złożoności i specyficzne gatunkowo, niekiedy umieszczone w dziuplach, ale zwykle na cienkich gałązkach drzew. Wielokrotnie wróblowate ekspandowały z południa na resztę świata. Jedną z takich ekspansywnych grup wróblowatych są **krukowate** o szczególnie wysoko rozwiniętych zachowaniach - bawią się jak ssaki. Ich krewniakami są **rajskie ptaki** z Nowej Gwinei. Najpierwotniejsze z nich mają ciemne upierzenie i stosunkowo słaby dymorfizm płciowy. Dobór płciowy doprowadził jednak w wielu liniach ewolucyjnych do zdumiewających form upierzenia i niezwyklej złożoności tańca godowego samców.

Najbardziej zaawansowane ewolucyjnie wróblowate są drobnych rozmiarów. Miewają barwne upierzenie i wyraźny dymorfizm płciowy. Najbardziej swoisty i zróżnicowany w obrębie grupy jest behavior i śpiew. Wszystkie ptaki wydające dźwięki wykorzystują to jako możliwość sygnalizacji w zachowaniach terytorialnych i godowych. W rozwidleniu tchawicy wróblowatych śpiewających jest pięć par mięśni, dzięki którym ptaki te mogą wydawać modulowane dźwięki. Śpiew wróblowatych ma swoiste cechy: w przeważnej części jest wyuczony od rodziców i innych ptaków. Przez to wyewoluować mogły bardzo złożone i różnorodne jego postaci, wyróżniające pojedyncze osobniki.

Specyficzne są także zachowania higieniczne wróblowatych, które dziobem usuwają odchody piskląt, które otoczone są swoistą błoną.

Z wyjątkowego rozbudowania zachowań rozrodczych wróblowatych wynika zapewne tendencja do łatwego powstawania barier gatunkowych między populacjami (analogicznie do muchówek)