

# Ptačí kostra a její znaky

## Avian skeleton and its characteristics

Jan Řezníček, Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, Katedra biologie a environmentálních studií [jan.reznicek@pedf.cuni.cz](mailto:jan.reznicek@pedf.cuni.cz)

### Abstract:

*The article describes skeleton features of the avian species. It is aimed at specific features, developed solely at the avian skeleton. The article mentions some features of the dinosaur taxon, especially those that distinguish the birds and the dinosaurs. The article emphasizes the evolutionary trend of the birds, where the structural schematics of the skeleton trends towards three features present only in the avian species. These features are: 1) short tail with no muscles, 2) strongly developed pectoral muscles and V-shaped clavicle bone (furcula), 3) specific built of legs that are primarily used for running.*

### Klíčová slova

*kostra, pták, znaky kostry*

### Key words

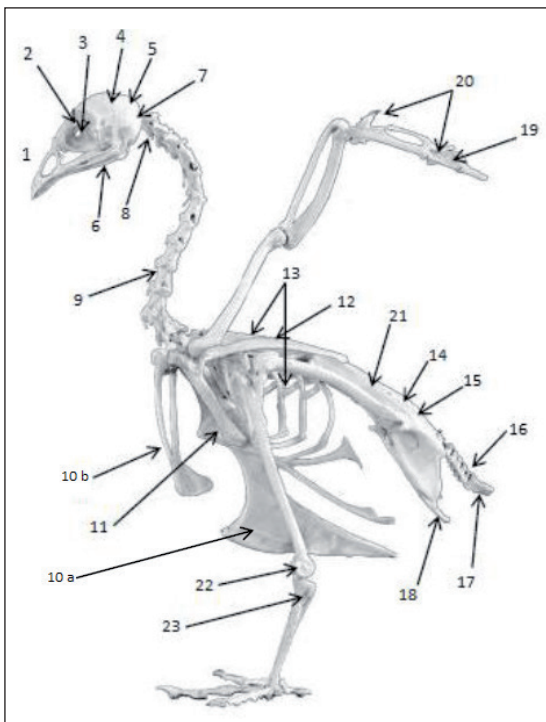
*avian skeleton, characteristics*

Uváděný článek popisuje znaky, které se vyskytují jen na ptačí kostře. Taxonomové se již dlouhou snáží nalézt zákonitosti evoluce ptačích řádů a popsat vývojovou souvislost mezi jednotlivými systematickými skupinami ptáků, případně dinosaurů. Při bádání v zákonitostech vývoje ptáků však naráží systematika na problém jejich dlouhého vývoje, který trval mnoho miliónů let spolu s již žijícími dinosaury. Tehdy vzniklo množství vývojových skupin, které se vyvíjely po dlouhou dobu současně a nesou ptačí i plazí znaky. To komplikuje spolehlivé zařazení vyhynulých taxonů ptáků do ucelené vývojové řady. I mezi obratlovci, kteří nesou znaky pravých ptáků, se naráží na zmíněný dlouhý vývoj ptáků (nezávislé taxony), z čehož u vymřelých skupin vyplývají nejasnosti jejich zařazení. V případě

savců je vývoj jednoznačný od doby, kdy přestali snášet vejce. Bude-li některý z níže popsaných ptačích znaků společný s jinými taxony, bude to v článku vysvětleno.

Během evoluce stavební schéma těla ptáků směřovalo ke třem samostatným funkčním jednotkám, jejichž existence je dnes zřetelně odděluje od dinosaurů:

1. nejpřesvědčivější z nich je silně zkrácený ocas;
2. silně vyvinutá prsní kost, prsní svaly k aktivnímu letu, hřeben prsní kosti a furkula;
3. velmi dobře vyvinuté nohy primárně přizpůsobené k běhání.

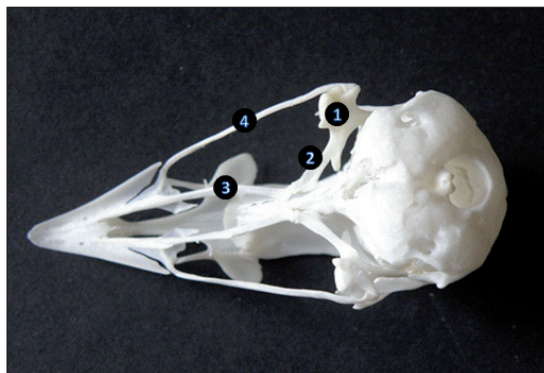


Obr 1 Znamky ptačí kostry (koroptev polní, *Perdix perdix*). Čísla odpovídají číslování odstavců v textu. Zdroj: Řezníček, Roček 2009.

## Hlava

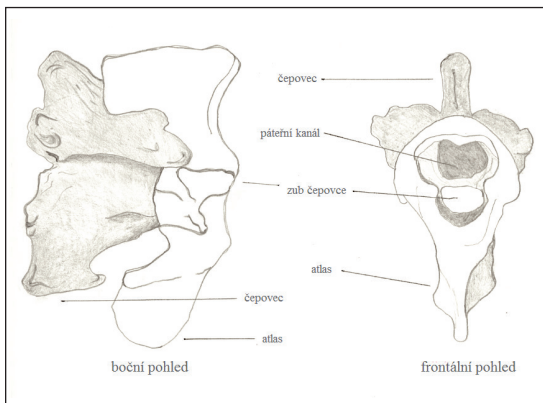
1. Čelisti ptáků jsou **bez zubů**. Kromě želv jsou ptáci jediným taxonem obratlovců, u kterého se primárně nevyskytují zuby. K zpracování přijaté potravy slouží vole, žláznatý žaludek, kamínky ve svalnatém žaludku. Vše je uloženo blíže těžišti těla. Zuby v čelistech by byly příliš těžké.
2. Ptáci mají **velké očníce a relativně největší oči** ve srovnání s ostatními obratlovcy. Tento znak je spojen s nutností rychlé orientace během letu.
3. Velké oči jsou uloženy na stranách lebky. Tenké **septum mezi očníci** je úsporou hmotnosti.
4. Další úsporu hmotnosti představují lebeční kosti, které jsou **beze švů**. Kosti jsou lehčí než švy opatřené chrupavkou.

5. Kosti lebky ptáků jsou velmi **tenké**. Běžně jsou tvořeny dvěma velmi tenkými vrstvami kompaktní hmoty, mezi nimiž je tenká vrstva spongiózní hmoty. U těch druhů, kde se nepředpokládá klování nebo dokonce tesání do dřeva, jsou kosti lebečního krytu výrazně tenké. Například u lelka jsou některá místa lebečních kostí pouhých 0,03 mm silná. Některé druhy ptáků mají ale kosti lebky silnější (například pštrosi, brodiví nebo šplhavci).
6. **Kinetika kostí** na bázi ptačí lebky. Některé kosti na bázi lebky jsou spojeny pouze vazy a jsou navzájem pohyblivé tak, že výkyvy v pozici mohou činit až několik milimetrů. Jde o čtvercovou kost (*os quadratum*), kost křídlovitou, (*os pterygoideum*), kost patrovou (*os palatinum*) a kost jařmovou (*os jugale*). Horní zobák je pohyblivý vůči čelní kosti (*os frontale*). Toto volné spojení kostí u datlovitých ptáků tlumí nárazy při tesání do dřeva. Vzájemnou pohyblivost kostí ptáci využívají k asymetrickým pohybům zobáku například při otáčení semen ve špičce zobáku a hledání vhodné polohy pro jejich louskání, nebo při pití. Pomocí zdvihu horního zobáku dovedou někteří ptáci vydávat klapavé zvuky (sovy); sluky dokáží zobák zabořený do bahna otevřít jen na špičce.



Obr 2 Bazální pohled na ptačí lebku: 1) kost čtvercová; 2) kost křídlovitá; 3) kost patrová; 4) kost jařmová. Uvedené kosti mají volné spojení pomocí vazů. Foto: autor.

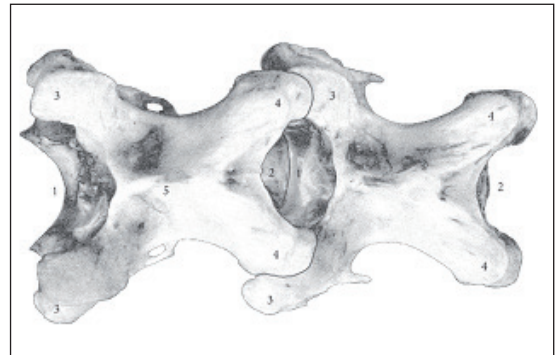
7. **Mozkovna ptáků.** Na základě srovnávacích měření ptačích a dinosaurů lebek pomocí rentgenového záření bylo zjištěno, že mozkovna ptáků je většinou větší. Toto zjištění souhlasí s faktem, že ptačí mozek je velký a vyvinutý zejména v části středního mozku, kde se nacházejí velké zrakové laloky *corpora bigemina*. Zde je na místě i poznámka, že hanlivý název „ptačí mozek“ není vhodný.
8. **Spojení lebky a krku u ptáků** je naprosto unikátní a funkčně účelné. Lebka má pouze jeden týlní hrbol. Na ten je připojen atlas. Atlas má mohutné tělo a v něm je otvor pro průchod zubu čepovce. Tím, že zub čepovce prochází tímto otvorem, přímo nekomunikuje s míchou a výrazně zpevňuje spojení lebky s páteří. Navíc se zub čepovce po průchodu otvorem v atlasu vazem upíná na výběžek týlní kosti. Tato adaptace je velmi významná pro případ nárazu ptáka během letu. Sami známe mnoho případů, kdy se pták po nárazu do okna rychle zotaví.



Obr 3 Průchod zubu čepovce tělem atlasu z laterálního a frontálního pohledu. Zdroj: Kaiser 2007, upraveno.

## Krk a pletenec ramenní

9. **Heterocélní obratle** jsou typické pro krk ptáků. Kromě ptáků se heterocélní obratle vyskytují u krčních obratlů želv a hadů. Heterocélní obratle mají mezi sebou spojení v podobě sedlových kloubů. Hrudní, bederní, křížové a ocasní jsou srostlé a nepohyblivé. Volné krční obratle umožňují ptákům dosáhnout zobákem na kterékoliv místo na těle. Jde především o možnost úpravy peří a roznášení tuku z jediné mazové žlázy. Obratle hrudní jsou srostlé v *notarium*, které zpevňuje hrudník při mávání křídlů za letu. Tomu zpevnění napomáhá i mohutná krkavčí kost spojující hrudní kost s ramenním kloubem, klíční kost (*furcula*) a lopatka.



Obr 4 Heterocélní krční obratle ptáka. Dorzální pohled; 1) kranální vydutá kloubní plocha; 2) kaudální vypouklá kloubní plocha; 3) kranální výběžek obratle; 4) kaudální výběžek obratle. Zdroj: Rezníček, Roček 2009.

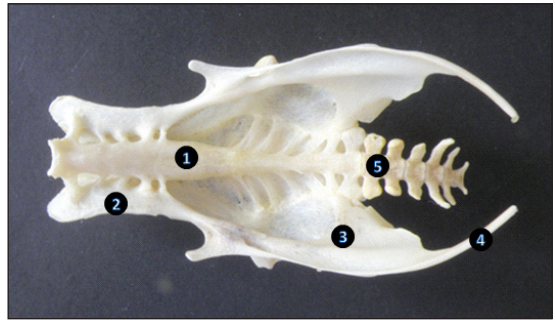
10. **Prsní kost s hřebenem (*crista sterni*) a vidlicovitá klíční kost (*furcula*)** se vyvinuly společně. Proto jsou označeny na obrázku kostry společně stejným číslem (10a a 10b). S mohutně vyvinutými prsními svaly byla klíční kost „vytažena“ ventrálním směrem před hřeben prsní kosti; podoba klíční kosti ve tvaru písmene „V“ svědčí o schopnosti aktivního letu tím, že se její vrchol pomocí vazů upíná na prsní kost

a napomáhá kontrakci velkého prsního svalu. U bipedních dinosaurů, z nichž byli někteří pravděpodobně schopni plachtění, se vyskytovala klíční kost v podobě mělkého písmene „U“. Mezi dinosaury však zatím nebyl popsán druh schopný aktivního letu (pozor na záměnu s aktivně létajícími pterosaury!).

11. **Krkavčí kost** hraje významnou roli při kontrakci prsních svalů ptáků. Je ventrálně přímo opřena do sternu a dorzálně v ramenním kloubu pevně spojena silným vazem s lopatkou. Krkavčí kost ptáků je nejmohutnější mezi obratlovci; odstupuje od hrudní kosti a v součinnosti s lopatkou a klíční kostí výrazně stabilizuje ramenní kloub.
12. **Dlouhá šavlovitá lopatka** přecházející po hřbetu až ke kosti kyčelní; prostřednictvím svalů se připíná na hrudní žebra a je připojena pomocí svalů k hrudním obratlům, což zabezpečuje fixaci ramenního kloubu.

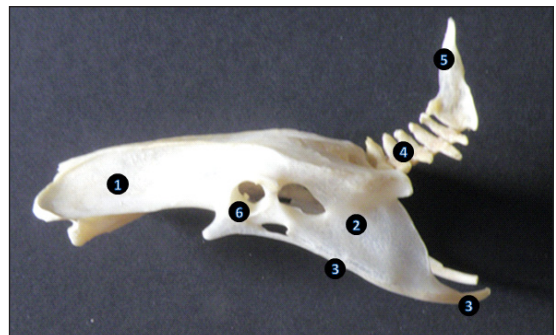
## Trup a ocas

13. Hrudní obratle nesoucí žebra bývají u ptáků částečně srostlé, u některých druhů srůstají všechny v kost zádovou **notarium**. Žebra mají háčkovité výběžky; háčkovitý výběžek (*processus uncinatus*) vybíhá kaudálně vždy z ohybu jednoho žebra a opírá se o následující žebro; *processus uncinatus* se vyskytuje u ptáků, kteří prošli vývojem ve vodním prostředí. Tyto výběžky jim sloužily k zpevnění hrudníku při potápění do menších hloubek. Proto se tyto výběžky nevyskytují například u řádu běžců.
14. **Synsakarum** je další významnou částí trupu. Vzniká srůstem párových kostí kyčelních (*os ilium*), sedacích (*os ischii*) a kostí stydkých (*os pubis*), které se spojují s páteří kostí křížovou vzniklou srůstem příslušných obratlů. Srůsty jmenovaných kostí zpevňují trup při chůzi při letu.



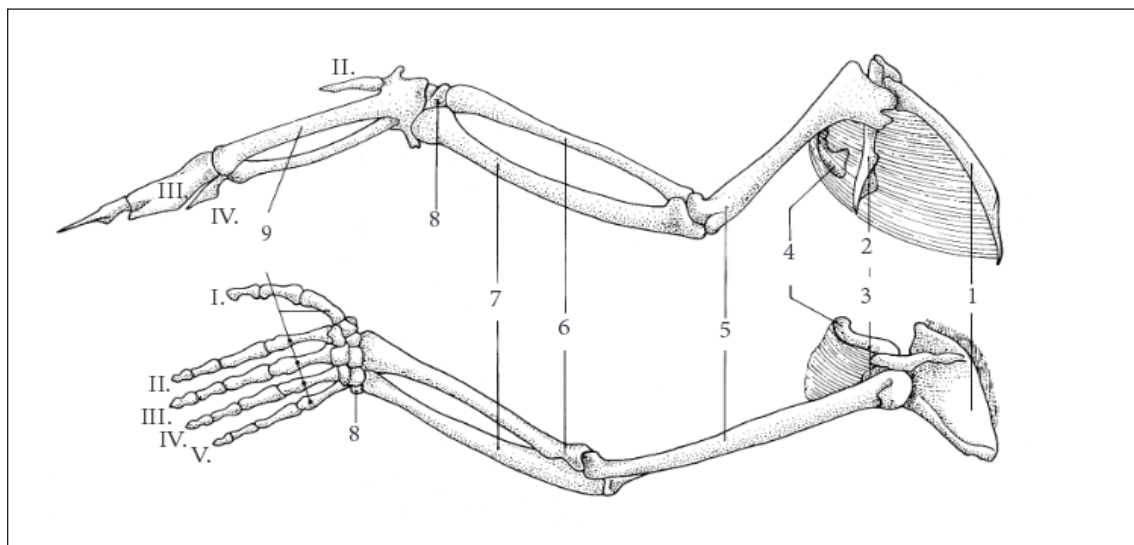
Obr 5 Pohled na synsakarum zdola: 1) zduřina páteřního kanálu vlivem bohaté nervové pleteně inervující nohy; 2) kost kyčelní; kost sedací; 4) kost stydká; 5) ocasní obratle. Foto: autor.

15. **Neurální pleteň**. Při pohledu na kostru pánve z břišní strany je možno vidět silné rozšíření páteře. Toto zbytnění nervové trubice vzniklo v souvislosti se silně vyvinutými nohama, jejich inervací a inervací břišních orgánů. Podobný útvar se nachází i u dinosaurů.
16. **Ocasní obratle a pygostyl**; páteř zakončují kostrč s *pygostylem*. Takové uspořádání patří pouze třídě ptáků. U ptáků se nikdy nevyskytuje dlouhý ocas tvořený obratli a svaly. Proto se při kompenzaci pohybu ptáků při chůzi ocas nemůže uplatnit. Ocas také není u ptáků nikdy používán k obraně.



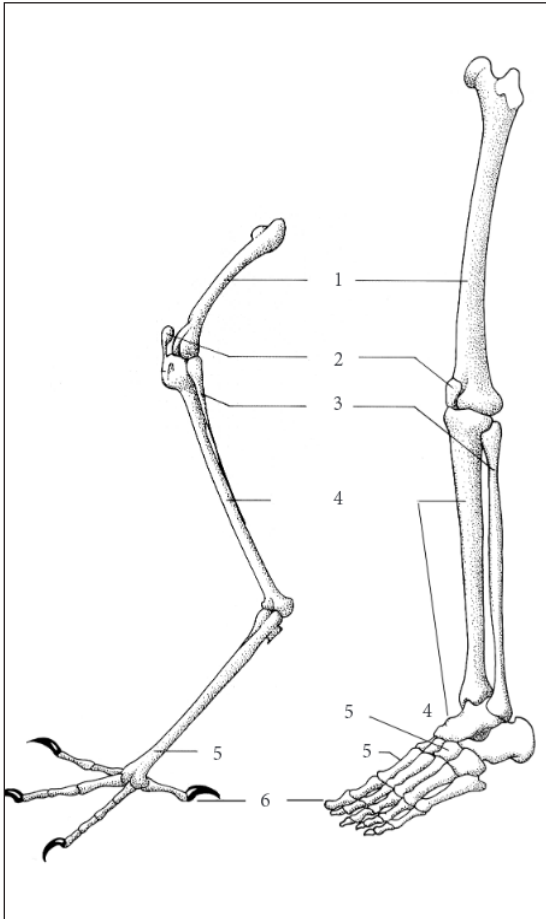
Obr 6 Boční pohled na synsakarum: 1) kost kyčelní; 2) kost sedací; 3) kost stydká; 4) ocasní obratle; 5) poslední ocasní obratle pygostyl; 6) kloubní jamka kyčelního kloubu. Foto: autor.

17. **Ocasní pera** vycházejí vždy vějířovitě ze zkráceného svalovitého útvaru na kostrči. Tyto redukované svaly odpovídají stavebnímu plánu ocasních svalů ještěřů. Ptáci ale nemají nikdy výrazně vyvinutý svalovitý ocas. To je jeden z nejvýznamnějších znaků, kterým se liší od bipedně se pohybujících dinosaurů. Ti svým dlouhým ocasem vyrovnávali dlouhý krk a prováděli laterální kompenzační pohyby při jednooporné fázi kroku. Při pohybu po zemi to ptáci řeší vysokou frekvencí kroků (konipas), provádějí kompenzační pohyby hlavy vpřed (holubi), vykyvují se do stran (kachny), nebo provádějí poskoky snožmo (někteří pěvci).
18. **Párová stydká kost** je u ptáků nespojená v symfýzu a namířená kaudálně. Takto je stavěna pouze u třídy ptáků, kteří snášejí relativně velká vejce. Tento znak je dalším významným znakem, odlišujícím ptáky od dinosaurů.
19. **Redukce zápěstních a záprstních kůstek a prstů křídla.** U aktivně létajících ptáků je zachován redukovaný druhý prst, na který se váže křídélko (*alula*). Zachovaly třetí a čtvrtý prst jsou místa, odkud vyrůstají ruční letky. Karpální a metakarpální elementy křídla jsou navzájem srostlé ke zpevnění a úspoře hmotnosti.
20. dtto předcházející bod 19



Obr 7 Srovnání pletence lopatkového pásma a končetiny ptáka (nahore) a člověka (dole) 1) lopatka; 2) krkavčí kost; 3) výběžek kosti krkavčí; 4) kost klíční; 5) kost ramenní; 6) kost vřetení; 7) kost loketní; 8) kosti zápěstní; 9) kosti záprstní; prsty I-IV. Zdroj: Richards 1991, upraveno.

21. Při popisu ptačí kostry se běžně nepřesně uvádí, že **dlouhé kosti u ptáků** jsou duté. K tomu je nutno dodat, že dutiny dlouhých kostí ptáků jsou většinou vyplněny tukem a kostní dřevinou, ve které se tvoří červené krvinky. U ptáků jsou kosti tenkostěnné. Hmotnost kostí v kostře ptáka proto tvoří jen 4 %, zatímco u savců až 30 %. Pouze některé dlouhé kosti ptáků jsou skutečně téměř úplně duté (kosti křídla). Jejich kloubní hlavice jsou však vždy vyplněné kostní trámčinou a kostní dřevinou.



Obr 8 Srovnání pánevní končetiny ptáků (vlevo) a člověka (vpravo): 1) kost stehenní; 2) česka; 3) kost lýtková; 4) kost holenní a proximální řada zánártních kostí člověka odpovídají u ptáka jedinému kostnímu celku; 5) distální řada zánártních kostí a nártní kosti člověka odpovídají u ptáka jedinému kostnímu celku zvanému běhák; 6) prsty I-IV (u člověka I-V). Zdroj: Richards 1991, upraveno

22. Proximální zánártní kůstky (kost hlezenní a patní) jsou z důvodu omezení hmotnosti těla a zjednodušení pohybu kloubu srostlé s *tibií* a tvoří *tibiotarsus*.
23. Distální zánártní kůstky (kost klínová 1, 2, 3, kost loďkovitá, kost krychlová) s nártními kostmi tvoří běhák (*tarsometatarsus*). Podobné skloubení v běháku se vyskytuje i u dinosaurů. Jde však pouze o konvergenci, kloubní plochy jsou vzájemně uspořádány jinak

## ZÁVĚR

Komentář k uvedeným znakům charakterizujícím třídu ptáků vznikl na základě autorových poznatků o způsobu výkladu kostry ptáků v hodinách biologie. Studenti biologie a často i učitelé podávají výklad o ptačí kostře pouze popisně. Vysvětlení vzniku a účelnosti popisovaných struktur vyvolává u žáků trvalé znalosti a ze své praxe je autor jednoznačně doporučuje.

### Literatura

- FEJFAR, O., (2008) Ptáci. *Živa* 8:42-52
- KAISER, G., (2007) *The Inner Bird*. British Columbia University Press : Vancouver
- KARDONG, K., ZALISKO, E. J., (2006) *Vertebrates: Comparative Anatomy, Function, Evolution*. Washington State University : Boston
- RICHARDS, P., (1991) *The Cambridge Encyclopedia of Ornithology*. Cambridge University Press : Cambridge
- ROČEK, Z., (2002) *Historie obratlovců*. Academia : Praha
- ŘEZNÍČEK, J. ROČEK, Z., (2009) *Srovnávací anatomie obratlovců*. PedF.UK : Praha
- VESELOVSKÝ, Z., (2001) *Obecná ornitologie*. Academia : Praha