

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
PEDAGOGICKÁ FAKULTA
KATEDRA BIOLOGIE A ENVIRONMENTÁLNÍCH STUDIÍ

MAGISTERSKÁ DIPLOMOVÁ PRÁCE

Ptáci ve vyučování na středních školách s novými poznatky v oboru
Birds in teaching in secondary schools with new knowledge in the field

Vypracoval: Jiří Weiser

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Jan Řezníček Ph.D.

Studijní obor: Biologie – Tělesná výchova

Praha 2011

Podpis: Jiří Weiser

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Ptáci ve vyučování na středních školách s novými poznatky v oboru, vypracoval samostatně s vyznačením všech použitých pramenů a spoluautorství. Souhlasím se zveřejněním diplomové práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů. Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne: 16. 6. 2011

Podpis: Jiří Weiser

Souhrn

V úvodu teoretické části diplomové práce je přehledně shrnuto systémové zařazení ptáků. Další části jsou zaměřeny nejen na obecná a běžně užívaná témata ve školních učebnicích, populárně-naučných publikacích i v médiích, ale také na zdůraznění zvláštních znaků, charakteristických pouze pro ptáky.

Těmito tématy jsou historické a evoluční otázky, morfologie pokryvu, působení jednotlivých smyslů, tělesná stavba a funkce orgánů. Podrobněji je rozebrána problematika tělesné stavby ptáků a kosterního systému. V závěrečných částech jsou zmíněny zvláštnosti v chování a dorozumívání ptáků a také jejich životní zvyklosti.

V praktické části je uvedena SWOT analýza dostupných učebnic pro čtyřletá gymnázia s ohledem na kapitoly a informace týkající se živočišné třídy ptáků. Údaje uvedené v analyzovaných učebnicích lze považovat pouze za základní s potřebou rozšíření a doplnění učitelem.

Přílohou práce jsou dvě prezentace v Powerpointu, obsahující jak základní informace, tak i zvláštní znaky charakteristické pouze pro ptáky. K prezentacím jsou vytvořeny pracovní listy.

Pro sledované třídy bylo vypracováno laboratorní cvičení v podobě praktického zkoumání vybraných tematických bloků, probraných teoretickým výkladem.

Znalosti studentů výše uvedených tříd byly ověřeny dotazníkovým šetřením. Byla potvrzena průměrná úroveň znalostí daného tématu s hodnotou správných odpovědí zhruba okolo 43%.

Opakovaným šetřením po realizaci projektové hodiny, doplněné výše uvedenými prezentacemi, se úroveň znalostí poměrně výrazně zvýšila na zhruba 76% správných odpovědí.

Celkově lze říci, že se podařilo rozšířit znalosti studentů a podchytit jejich zájem o obor atraktivní a zajímavou formou.

Summary

In the introduction of theoretical part of diploma thesis is tabularly summed up the system of birds classification. Other parts are focused not only on general issues and commonly used themes in school textbooks, popular literature and educational media, but also to highlight specific features, characteristic only for the birds.

These themes are historical and evolutionary questions, cover morphology, the effect of the senses, body structure and function of organs. In detail is analyzed the issue of body composition and skeletal system of birds. In the final sections are mentioned specialities in the behavior and communication between birds and their habits.

The practical part includes a SWOT analysis of available textbooks for the four-year gymnasium with regard to the chapters and information about the animal class of birds. The data analyzed in the textbook can only be considered as basic with need to extend and complement by the teacher.

Attached to the diploma thesis are two presentations in Powerpoint, containing basic information and specific features, characteristic only for birds. The presentations are created worksheets.

For reference classes was developed as a lab practical examination of selected thematic blocks, memorized theoretical interpretation.

Students' knowledge of the above-mentioned classes have been verified by a questionnaire survey, was confirmed the average level of knowledge of the topic with value of correct answers about 43%.

Repeated investigation after implementation of the project lesson, accompanied by the above-mentioned presentations, the level of knowledge has increased quite significantly to about 76% of correct answers.

Generally, it managed to extend the knowledge of students and capture their interest in the field of attractive and interesting way.

Poděkování

Děkuji svému školiteli panu RNDr. Janu Řezníčkovi, Ph.D. za odborné vedení při zpracovávání této diplomové práce, za čas, který mi věnoval a velmi přátelský přístup. Dále bych chtěl poděkovat paní profesorce Mgr. Věře Benešové, RNDr. Tereze Kamenické za ochotu a pomoc při tvorbě projektové hodiny.

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Cíle, hypotézy a metody	12
3. Systémové zařazení ptáků.....	13
4. Historie a evoluce ptáků	16
4.1. Vznik aktivního letu	20
5. Kožní soustava a opeření	21
6. Kosterní soustava.....	24
6.1. Kostra jurských ptáků.....	27
6.2. Kostra křídlových ptáků	30
6.3. Kostra dnešních ptáků	33
7. Svalová soustava.....	46
8. Trávicí soustava	52
9. Vylučovací soustava	56
10. Dýchací soustava	58
11. Oběhová soustava	62
12. Nervová a smyslová soustava	68
12.1. Nervová soustava	69
12.2. Smyslová soustava	81
12.2.1. Receptory.....	81
12.2.2. Zrak	82

12.2.3. Sluch.....	86
12.2.4. Hmat	89
12.2.5. Čich a chuť	90
13. Endokrinní soustava.....	92
14. Rozmnožování a reprodukční orgány	96
15. Chování a dorozumívání	103
15.1. Reflexy	103
15.2. Pudy a motivace	103
15.3. Spouštěče.....	104
15.4. Konfliktní chování.....	105
15.5 Ontogeneze chování	105
15.6. Učení	106
15.7. Sociální chování	107
15.8. Ptačí dorozumívání.....	108
16. Biorytmy a migrace	110
16.1. Ptačí orientace	110
16.2. Migrace.....	111
17. Praktická část	113
17.1. Rámcový vzdělávací program	113
17.2. Metodické ztvárnění projektové hodiny	114
17.3. Metodika zjištění úrovně znalostí na SŠ	115

17.3.1. Obecné principy tvorby dotazníků	115
17.3.2. Tvorby dotazníků pro SŠ (gymnázia)	116
17.3.3. SWOT analýza učebnic SŠ (gymnází)	117
17.3.4. Metodika vyhodnocování	118
18. Výsledky a diskuse	119
18.1. Výsledky prvního šetření.....	119
18.2. Výsledky druhého šetření	125
18.3. Vyhodnocení hypotéz.....	132
18.4. Vyhodnocení SWOT analýzy učebnic	133
19. Závěr	135
20. Seznam tabulek a grafů.....	136
21. Literatura.....	137
22. Přílohy.....	140
22.1. Obrazová příloha	
I. Obrazová příloha k systémovému zařazení.....	141
II.Obrazová příloha – použitá literatura.....	147
22.2.III. Dotazník pro Gymnázium.....	148
22.3. SWOT analýza učebnic	
IV. Jelínek, Zicháček - Biologie pro gymnázia+výpisky o ptácích.....	152
V. Papáček a kol. – Zoologie+výpisky o ptácích	154
VI. Smrž a kol. - Biologie živočichů pro gymnázia+výpisky o ptácích...	156

22.4.VII. Praktické cvičení	158
22.5. Pracovní listy	
VIII. Pracovní listy 1	161
IX. Pracovní listy 2	164
22.6.PowerPointové prezentace	
X. Prezentace anatomie ptáci I	166
XI. Prezentace anatomie ptáci II.....	203

1. Úvod

Magisterská diplomová práce „Anatomie a morfologie ptáků“ by měla být pomocným studijním materiálem pro učitele a studenty přírodovědných oborů středních škol, kteří se zajímají, nebo se připravují na studium vědního oboru ornitologie.

Zejména na středních školách je žádoucí zvýšit zájem studentů vhodným přístupem a výkladem, a věnovat více prostoru jednotlivým vybraným tématům, aby se studenti lépe orientovali v celé problematice ornitologie.

V tomto duchu byly zvoleny jednotlivé tematické bloky, které vychází ze skutečnosti poměrně nízkého povědomí studentů SŠ o problematice ornitologie jako vědní disciplíny.

Ptačí svět je velmi rozmanitý a zajímavý nejen pro člověka, který se ornitologii věnuje profesně, ale má mnoho fanoušků i mezi laickou veřejností. Svět ptáků udivuje svojí pestrostí a množstvím druhů, zbarvením a fyziologií hlasových projevů, technikou pohybu, navigací a v neposlední řadě i svojí péčí o mláďata.

Proto může být tento materiál používán i těmi, kteří chtějí pozorovat život a chování ptáků, jako zvláštního a neopakovatelného živočišného druhu v přírodě, pouze jako koníček ve volném čase. Vědecko-populární přiblížení a podpoření obecného zájmu o ornitologii povede ke zvýšení vlivu na ekologii a také k rozšíření a ochraně jednotlivých druhů.

Problém narušování původního přirozeného prostředí má trvalé a nevratné následky na ptáky. Některé druhy byly nuceny měnit lokality výskytu, stavy některých druhů byly dramaticky sníženy, některé druhy ptáků byly zcela vyhubeny.

Ptáci jsou vývojovým stupněm plazů a v průběhu vývoje osídlili celou Zemi. Dodnes vědci vedou spory a diskuse o skutečném ptačím předku z plazího nadřádu archosaurů, nebo o tom, zda se ptáci poprvé vznesli ze země, a nebo opačně plachtili padákovým způsobem z korun stromů.

Létání umožňují přední končetiny, přeměněné v křídla a opatřená peřím, které ale v prapůvodu mělo funkci tepelné izolace pro udržení stálé tělesné teploty. Po stránce

morfologické, fyziologické a druhové ptáci tvoří po rybách druhou nejbohatší skupinu obratlovců. Jsou velmi dobře přizpůsobeni pro suchozemský způsob života, vzhledem k dokonalé nervové a smyslové soustavě, velmi výkonnému metabolismu a řízené tělesné teplotě.

Hlavním cílem mojí magisterské diplomové práce je zjistit pomocí dotazníkového šetření rozsah a úroveň středoškolských vědomostí na téma anatomie a morfologie ptáků a tyto znalosti rozšířit na základě zmapování středoškolských učebnic pomocí SWOT analýzy a vytvoření navazujícího přehledného a srozumitelného studijního materiálu.

V teoretické části mojí magisterské práce chci komplexně shrnout základní údaje o ptácích, jejich zařazení, původ, vývoj a především se zaměřit na jejich anatomii, speciální znaky, fyziologii a na jejich chování a dorozumívání tak, aby byla vhodným podkladem pro vytvoření zmiňovaného rozšiřujícího studijního materiálu.

V praktické části vycházím ze skutečnosti, že znalosti z oblasti anatomie a morfologie ptáků mají obecně nízkou úroveň v celé naší populaci. Proto jsem se rozhodl zjistit, pomocí dotazníků ve vybraných referenčních třídách středních škol, úroveň znalostí k této problematice.

Prostřednictvím vytvořených prezentací, pracovních listů a laboratorního cvičení chci zaujmout studenty pro věc a především zvýšit jejich odborné znalosti základů ornitologie. Porovnáním výsledků určitého vzorku studentů před a po projekční hodině je možné určit efektivitu a dopad těchto aktivit na studenty středních škol a také využít prezentace, teoretickou část magisterské diplomové práce, pracovní listy a laboratorní cvičení jako vhodný informační zdroj pro učitele středních škol.

Téma mojí diplomové práce jsem si vybral proto, aby nejen studenti, ale vůbec celá nastupující generace, měla možnost pomocí dostupných a srozumitelných zdrojů získat znalosti v oblasti ornitologie, které by podpořily obecný zájem o problematiku ptáků.

2. Cíle, metody a hypotézy práce

Cíle:

- 1) Návrh na vytvoření přehledné a systematické studijní příručky o anatomii a morfologii ptáků pro učitele a studenty SŠ
- 2) Vytvoření dotazníků a zmapování znalostí studentů 3. ročníků středních škol o anatomii a morfologii ptáků.
- 3) Vytvoření prezentací v PowerPointu na již uvedené téma, jejich ověření v praxi a k prezentacím vytvořit pracovní listy.
- 4) Připravit laboratorní cvičení pro studenty SŠ.
- 5) Pomocí SWOT analýzy vyhodnotit množství informací o anatomii a morfologii ptáků v učebnicích pro čtyřleté gymnázium.

Hypotézy:

- 1) Předpokládám, že rozsah učiva na téma anatomie a morfologie ptáků je ve středoškolských učebnicích neúplný a uvedené údaje nejsou pro výuku zcela dostatečně vysvětleny a analyzovány a z těchto důvodů bude nutné učebnice aktualizovat.
- 2) Předpokládám, že v 1. dotazníkovém šetření znalostí studentů 3. ročníků státního a soukromého gymnázia v Praze bude minimálně polovina odpovědí správných.
- 3) Předpokládám, že studenti 3. ročníku státního gymnázia v Mladé Boleslavi navštěvující biologický seminář, budou v dotazníkovém šetření v počtu správných odpovědí výrazně úspěšnější.
- 4) Předpokládám, že po realizaci projektové hodiny dosáhnou studenti 3. ročníků státního gymnázia v Praze a soukromého gymnázia v Praze minimálně tři čtvrtiny správných odpovědí.
- 5) Předpokládám, že po realizaci projektové hodiny dosáhnou většího zlepšení studenti státního gymnázia v Praze.

Metody:

- 1) Dotazníkové šetření
- 2) Obsahová analýza dokumentu

3. Systémové zařazení ptáků

Říše: Živočichové (*Animália*)

Podříše II : Mnohobuněční (*Metazoa*)

TRIBLASTIKA: živočichové se třemi zárodečnými listy (ektoderm, entoderm, mezoderm) a dvoustrannou souměrností

Kmen: Strunatci (*Chordata*)

Podkmen: Obratlovci (*Vertebrata*)

Třída : **Ptáci (Aves) : 187 čeledí, 2050 rodů, 9648 druhů**
dělí se dále na **dvě podtřídy:**

a) Podtřída – Praptáci (*Sauriurae*) - období svrch. jury – svrch. křídy
dělí se dále na **dvě infratřídy:**

a1) Archaeornithes – období svrch. jury, má **dva řády**

a1.1) Archeopteryxové

a1.2) Konfuciusornisové

a2) Enantiornithes – období křídy, má **sedm řádů**

a2.1) Sinornisové

a2.2) Kataornisové

a2.3) Iberomesornisové

a2.4) Gobipteryxové

a2.5) Alexornisové

a2.6) Enantiornisové

a2.7) Petagopteryxové

b) Podtřída – Praví ptáci (*Ornithurae*) – období sp. křídy – recent

dělí se rovněž na **dvě infratřídy:**

b1) Nelétaví prvoptáci (*Odontornithes*) – období křídy, má **jeden řád**

b1.1) Hesperornisové

b2) Létaví prvoptáci (*Neornithes*) – období křídly, recentu má **tři nadřády**

b2.1) Ambiortimorphae – období křídly

b2.1.1) Ambiortové

b2.1.2) Ichtyornisové

b2.1.3) Apatornisové

b2.2) Běžci (*Palaeognathae*) – období paleocénu, recent

b2.2.1) Tinamy

b2.2.2) Nanduové

b2.2.3) Pštrosi

b2.2.4) Kasuárové

b2.2.5) Kiviové

- vymřelé řády běžců: např. Litornitidi (paleocén, eocén Evropa, Sev. Amerika)
byli ještě dobrými letci, podle ostrých drápů lze soudit, že pobývali na stromech.
- vyhubené řády: v období novověku člověk vyhubil Epyornitidy (Madagaskar),
ptáky Moa (Nový Zeland)

b2.3) Letci (*Neognathae*) – období svrch. křídly, recent

b2.3.1) Potápky

b2.3.2) Tučňáci

b2.3.3) Trubkonosí

b2.3.4) Veslonozí

b2.3.5) Vrubozobí

b2.3.6) Plameňáci

b2.3.7) Brodiví

b2.3.8) Dravci

b2.3.9) Hrabaví

b2.3.10) Krátkokřídlí

b2.3.11) Bahňáci

- b2.3.12) Potáplice
- b2.3.13) Holubi
- b2.3.14) Papoušci
- b2.3.15) Myšáci
- b2.3.16) Turakové
- b2.3.17) Kukačky
- b2.3.18) Sovy
- b2.3.19) Lelkové
- b2.3.20) Svišťouni
- b2.3.21) Trogoni
- b2.3.22) Srostloprstí
- b2.3.23) Šplhavci
- b2.3.24) Pěvci – křikaví
zpěvní

(Bock, 1994; Sibley 1990).

Vzájemnou příbuznost jednotlivých řádů, čeledí, rodů a druhů se dnes dokládají moderními molekulárními metodami, např. hybridizace DNA.

Ptáci se vyvinuli z podtřídy plazů (*archosauri*), což dokazuje v mnoha charakteristických znacích stavba těla. Postupným vývojem došlo k adaptaci stavby těla na létání. Pohyby ptáků jsou velmi složité a fyzicky náročné, což ptákům umožňuje výkonný oběhový a dýchací systém a také intenzivní metabolismus.

4. Historie a evoluce ptáků

Z evolučního hlediska se ptáci, jak jsem se již zmínil, vyvinuli z podtřídy plazů. Dokonce i recentní ptáci mají mnoho společných znaků se svými plazími předky. Nezřídka se stávalo, že paleontologové stáli před obtížným úkolem rozhodnout, zda určitý nalezený kosterní zbytek patří k ptačí nebo plazí kostře.

Nejstarším obratlovcem, kterého je možno zařadit k praptákům, je Archaeopteryx z období konce jury. Tento prapták vykazuje znaky jak plazů, tak ptáků. Pohyboval se převážně po zemi. Křídla používal ke zrychlování běhu vysokými skoky a ke krátkému, klouzavému letu, protože mu chyběly anatomické předpoklady pro zdvih křídla nad úroveň ramenního kloubu. Navzdory původnímu nadšení, že Archaeopteryx je mezičlánkem mezi ptáky a plazy, se zjistilo, že nebyl přímým předkem dnešních ptáků a zřejmě představuje jednu z možných postranních vývojových linií. Zatím bylo nalezeno příliš málo kosterních zbytků po objasnění vývoje od plazů k dnešním ptákům. Praptáci ale v období jury neměli primát ve vzdušném prostoru. Ten ovládli ptakoještěři (*Pterosauria*), kteří měli létací blány upnuté na čtvrtý prodloužený prst (Hecht, 1985).

Nejvýraznější plazí a ptačí znaky u Archaeopteryxe

PLAZÍ ZNAKY
- Vrchní i spodní čelist obsahují pravé jamkovité zuby
- Obratle jsou dvojvyduté (<i>amficélní</i>)
- Velmi krátká křížová část páteře má 5-6 obratlů
- Dlouhý ocas 22-23 ocasních obratlů, u dnešních ptáků ocasní obratle srostlé v jedinou kost
- Chybí osifikovaná prsní kost – sternum
- U přední končetiny kosti zápěstní a záprstní nejsou srostlé
- Přední končetina má v ruční části 3 volné prsty s drápy
- Poměrně jednoduchý mozek s výrazně nezvětšeným mozečkem, silně vyvinutá čichová část koncového mozku
- Jednoduchá, na dvě části nečleněná žebra
- Zbytky břišních žeber

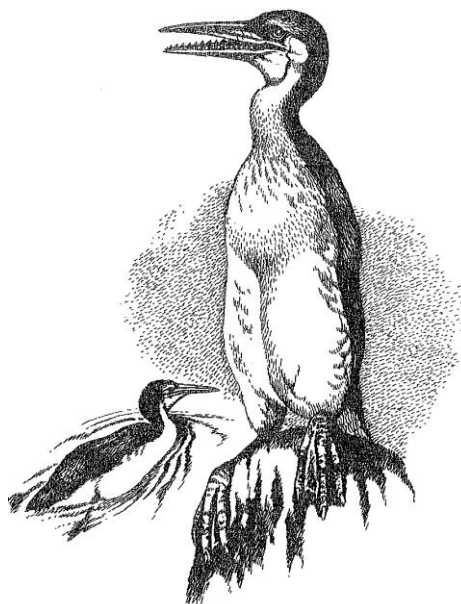
PTAČÍ ZNAKY

- Tělo pokryto peřím, peří stavbou odpovídá recentním ptákům
- Rozlišení letek na letky ruční a loketní
- Na letkách je vnější část praporu výrazně užší než vnitřní část
- Duté, pneumatizované kosti
- Zpevnění pletence lopatkového lopatkou, kostí krkavčí a klíční kostí
- Srůst obou klíčních kostí do jedné
- Srůst nártních a zánártních kostí do běháku
- Na dolní končetině je palec postavitelný proti ostatním prstům
- Dlouhá dozadu obrácená kost stydká

(Mudrychová, 1999; Špinar, 1984)

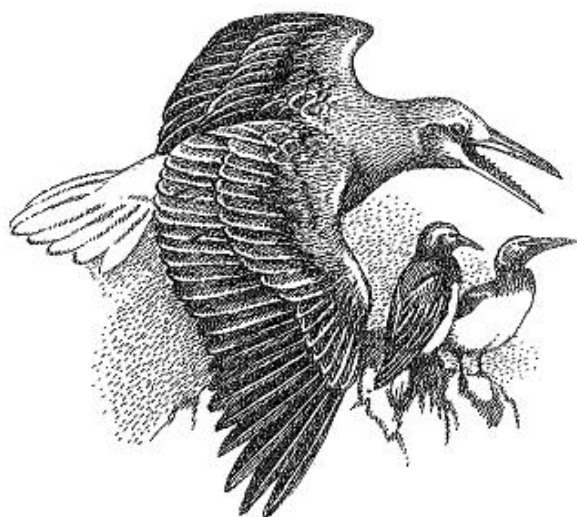
Praví ptáci se objevili na Zemi ve svrchní křídě. Převážná část z nich patřila mezi ptáky vodní.

Největší proslulost získali zubatí ptáci nalezení v uloženinách ze svrchní křídly v Kansasu. Největší z nich, **Hesperornis** (obr.1), dlouhý asi 2m, byl typický vodní pták se stavbou těla dokonale přizpůsobenou k plavání a potápění. Vzhledem se velmi podobal dnešním potápicím, ale nebyl s nimi příbuzný, dokonce nebyl ani předkem dnešních nelétavých forem ptáků. Křídla měl zakrnělá, naopak nohy byly vybaveny silnou svalovinou. Obě čelisti měl ozubené (Špinar, 1984).



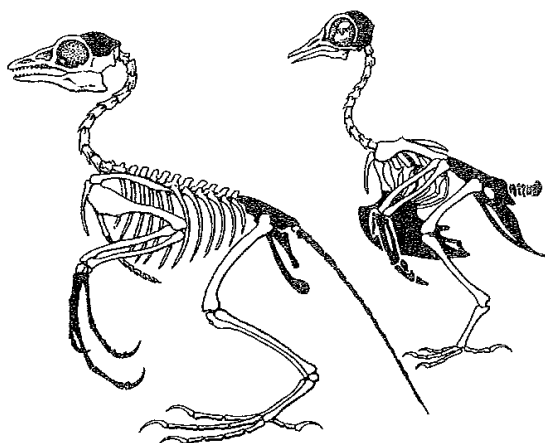
Obr. 1 (Veselovský, 2001)

Ozubený pták rodu **Ichthyornis** (obr.2) byl zhruba ve velikosti holuba a byl dokonale přizpůsoben k letu. Svědčí o tom vysoký hřeben prsní kosti pro úpon létacích svalů a ocasní obratle srostlé v pygostyl. Tito ptáci žili pravděpodobně ve společnostech a živili se především rybami. Nález tohoto ozubeného ptáka byl popsán roku 1873 paleontologem O.C.Marshem.



Obr. 2 (Veselovský, 2001)

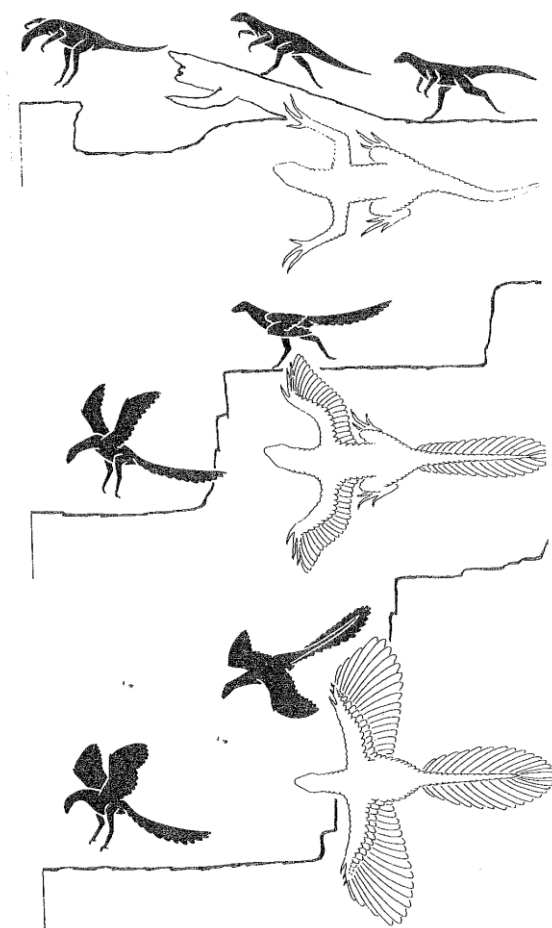
Redukce ocasu je prvním znakem, který se projevil v evoluci mezi Archeopteryxem a ptáky. Dalšími znaky jsou ztráta prstů a drápů na předních končetinách, protažení coracoidů, přesun ramenní kloubní jamky a otočením průběhu šlachy (supracoracoideus). Praptáci měli na rozdíl od dnešních ptáků menší mozkovnu a čelisti opatřené alveolárními zoubky (obr.3).



Obr. 3 (Veselovský, 2001)

Nejtypičtějším znakem ptáků je opeření, které patří k nejdokonalejším tělním pokrývkám u obratlovců. Původní funkcí opeření byla téměř jistě tepelná izolace pro udržení stálé tělesné teploty (*thermoregulace*). Teprve v další etapě, ouběžně s vývojem letového aparátu vznikaly letky (*remiges*) a rýdovací pera (*rectrices*) a peří získalo sekundární funkci při letu.

Evolučně původnější formou peří tak bylo peří prachové (*plumae*), jemuž se podobá typ



peří, které pokrývá tělo mláďat. Názor, že nejdříve vzniklo peří prachové s funkcí tepelné izolace a teprve později je nahrazováno útvary podílejícími se na letu, je podepřen rekapitulací v ontogenezi.

Někdy je vznik peří vykládán přímou přeměnou plazích šupin v aerodynamické struktury umožňující v první fázi pouze padákový let, později klouzavý a nakonec aktivní let.

Předpokládá se, že výchozí formou ptáků byl opeřený plaz, pohybující se rychlým během, posléze skoky a postupně zdolával větší výškové rozdíly se zvětšováním nosných ploch křídel a ocasu (obr.4) (Veselovský, 2001).

Obr. 4 (Veselovský, 2001)

4.1. Vznik aktivního letu

Schopnost létat je nejznámější vlastností ptáků. Vznikem této energeticky vysoce náročné činnosti se dnes zabývají dvě teorie.

První teorie, tzv. kursoriální předpokládá, že se schopnost letu vyvinula u pozemních forem drobných dinosaurů (*Velociraptor*), kteří rychle běhali s roztaženými předními končetinami, do nichž chytali potravu.

Druhá teorie, tzv. arboreální předpokládá naopak formy plazů, pohybujících se v korunách stromů a snášejících se dolů zbrzděným pádem, neboli klouzavým letem. K této teorii se dnes přiklání většina ornitologů.

Pro vznik ptačího letu byl velmi důležitý též pohyb zadních končetin, i když je nutné říci, že u dinosaurů a ptáků se tento pohyb výrazně liší v pohybu stehenní kosti. Zatímco u dinosaurů tato kost měla dominantní funkci pro pohyb zadní končetiny, u ptáků je tato kost více fixována. Toto bylo pravděpodobně způsobeno přeměnou končetinových svalů, které se upínaly na redukovaný ocas (Špinar, 1984).

Charakteristickým rysem přeměny horních končetin v křídla je redukce počtu prstů a splývání distálních článků. Tato přeměna je předmětem diskusí, neboť u dinosaurů je nejdelší zachovaný prst druhý, na náběhové straně křídla je základ prvního a směrem dozadu základ třetího prstu. U recentních ptáků však v embryogenezi základy prvního a pátého prstu zanikají, tedy osu křídla tvoří třetí končetinový paprsek, na náběhu je druhý a vzadu čtvrtý.

Pro samotný aktivní let je velmi důležitý malý chomáček peří, zvaný alula, na základu prvního, resp. (u recentních ptáků) druhého prstu, který umožňuje dostatečnou stabilitu při velmi pomalém letu. Existence aluly je doložena u ptáka *Eoalulavis*, který žil na území dnešního Španělska před 125 miliony let v období spodní křídly.

Ve třetihorách převládli na Zemi dvě skupiny obratlovců – ptáci a savci. V tomto období se vyvinuly mnohé čeledi vodních a suchozemských ptáků.

Vývoj ptáků již od samého počátku směřoval k jedinému cíli, ovládnout vzdušný prostor. Jakmile postupně dosáhli tohoto cíle přizpůsobením své tělesné stavby, v dalším vývoji svoji základní stavební konstrukci již neměnili, a dále se adaptovali pouze na prostředí, jako stepi, pouště, hory, močály a vodní prostředí (Roček, 2002).

5. Kožní soustava a opeření

Kůže ptáků je velmi tenká a suchá a má zpravidla jedinou žlázu, kterou je žláza kostrční. Mazové a potní žlázy chybí. **Kostrční žláza** je tvořena dvěma laloky ve společném obalu. Odděleny jsou přepážkou a každý lalok má svůj vývod, opatřený štětečkem z jemných per.

Z tohoto štětečku zobákem ptáci nabírají výměšek, složením podobný vosku, nebo mastné kyselině a natírají si s ním peří (Mudrychová, 1999).

Na křídlech a běhácích je kůže pevně přirostlá k vazivu a tkáním a ne těle je naopak poměrně volně pohyblivá.

Pokožka (*epidermis*) má více vrstev. Nejvrchnější část je rohovitá, silná, postupně se odlupuje a je tvořena odumřelými buňkami. Další tři vrstvy pod ní jsou tvořeny živými buňkami. Tím se pokožka zespodu stále obnovuje.

Pod pokožkou je tenká, třívrstvá **škára** (*dermis*), vyživovaná krevními vlasečnicemi a obsahující smyslové buňky. Ve škáře jsou také drobné kožní hladké svaly, umožňující pohyb jednotlivých per.

Podkoží (*subcutis*) obsahuje svaly příčně pruhované pro posun pásů porostlých peřím, cévy a tukové buňky, které slouží jako tepelná izolace a zásobárna energie.

Pernice a nažiny

Na první pohled není patrné, že kůže na těle ptáků není zcela pokryta peřím, ale tyto rostou jen v určitých pruzích – pernicích (*pterylae*). Neopeřené plochy nazýváme nažiny (*apteriae*).

Mezi ptáky vodními a suchozemskými je značný rozdíl v poměru pernic a nažin na kůži. Zatímco u vodních ptáků je plocha nažin zanedbatelná, u suchozemských ptáků zaujímají nažiny více jak polovinu celkové plochy kůže. Tyto neopeřené plochy usnadňují pohyb končetin a řízení teploty. V době hnízdění se na břicho ptáků vytvářejí tzv. hnízdní nažiny, holými plochami se výrazně zlepšuje zahřívání vajec při inkubaci. Peří buď působením hormonů samovolně vypadává, nebo si ho někteří ptáci sami vyškubávají. Holá místa na kůži také definují pohlavní rozdíly. Jsou to různé hřebeny, bradavice, nebo laloky, často protkané krevními vlasečnicemi, které při vzrušení způsobují změnu zbarvení.

Z kůže se rovněž vyvinul rohovinový, velmi tvrdý povrch horní a dolní čelisti zobáku, který nahrazuje chrup i pysky (Veselovský, 2001).

Peří

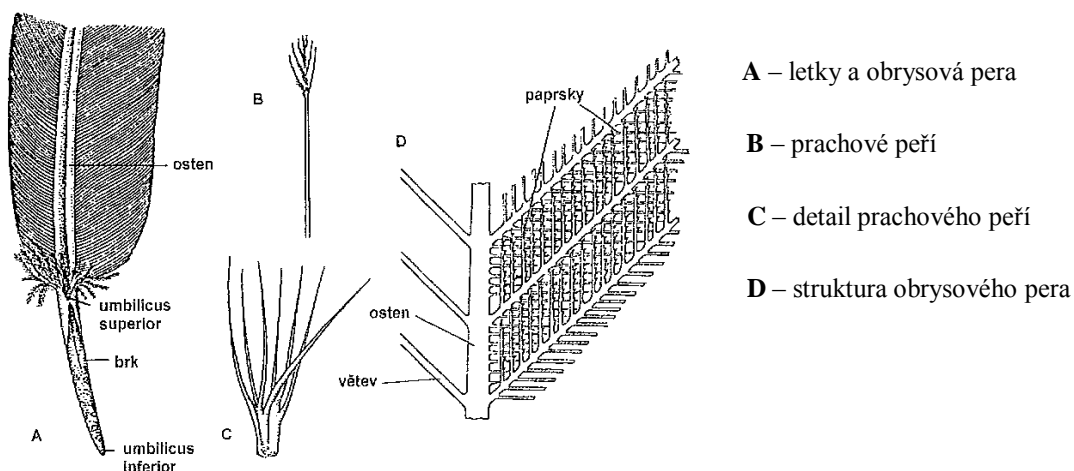
Mláďata ptáků se líhnou s prachovým porostem (*neoptile*), který se s postupným dospíváním mění v konečné **prachové a obrysové peří**.

Pera dospělých ptáků (*teleoptile*) určují základní tvar těla a jeho typické zbarvení. Pera pokrývající hlavu, krk, tělo a nohy jsou pera obrysová (*pennae*). Většinu těla pokrývají drobnější pera, dlouhá a pevná pera s nesouměrným praporem, letky, jsou na křídlech a funkci chybějícího ocasu nahrazují prodloužená, vějířovitě rostoucí pera rýdovací (Benešová, 2003).

Podobně jako šupiny plazů, také pera se tvoří z kožní rohoviny. V době vývoje pera vstupuje přes malou prohlubeninu (spodní pupek) na dolním konci papila zásobovaná krví. Konečné pero je pak již mrtvým útvarem.

Základní osu pera tvoří tuhý **stvol** (*scapus*), který je upevněn v pérovém váčku (*folliculus*) spodní dutou částí, která se nazývá **brk** (*calamus*). Horní delší část stvolu je plná a nazývá se **osten** (rhachis). Osten na sobě nese **prapor** (*vexillum*), který je velmi celistvým a pružným útvarem. Od ostnu na obě strany odstupují **postranní větve**, které jsou mezi sebou propojeny paprsky, směřujícími dolů k brku, obloučkovitě zahnuté a v odstupu se zesílenými kolénky a dále **paprsky** směřující ke špici pera, opatřené v horní polovině

záchytnými háčky (*hamulí*). Nejvíce paprsků mají letky, které jsou při letu nejvíce namáhané (Romer, Parsons 1977).



- A – letky a obrysová pera
- B – prachové peří
- C – detail prachového peří
- D – struktura obrysového pera

Obr. 5

(<http://82.114.195.35:90/Vyuka/Ka%C4%8D%C3%ADrkov%C3%A1%20Jarmila/2.ro%C4%8Dn%C3%ADk/09%20Strunatci/5%20Pt%C3%A1ci/>)

Těžko bychom hledali konkurenci ve **zbarvení** ptačích per.

Zbarvení vzniká třemi způsoby:

- a) ukládáním barevných pigmentů do pera během vývoje
- b) lomem a odrazem světla morfologickými strukturami pera
- c) ukládáním barevných pigmentů na povrch již zrohovatělého pera

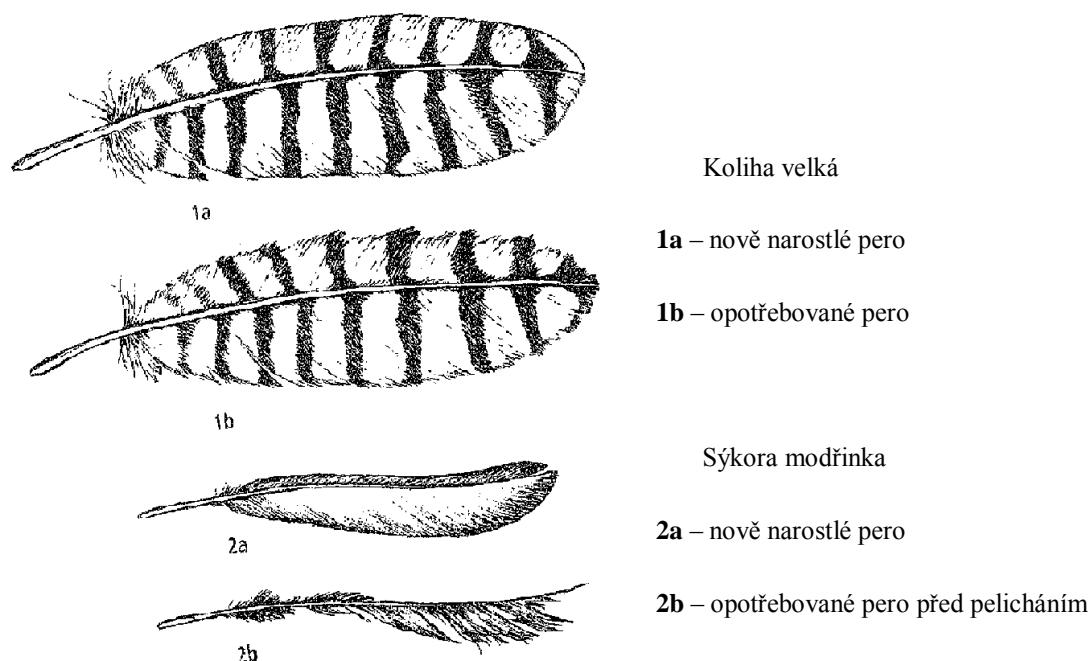
Základním barvivem je melanin, který se vytváří v buňkách melanoblastech a během embryonálního vývoje se z nervové trubice šíří do celého organismu. Dalšími barvivy jsou karotenoidy (barviva rozpustná v tucích) získané převážně s potravou, nebo porfyriny, které se sice ukládají již do rostoucích per, ale na slunečním světle blednou.

Lesk ptačích per způsobuje interference světla, odrážejícího se od jejich jemných struktur.

Pravidelná obměna opeření – **pelichání** – je určena geneticky a doba je v ročním cyklu neměnná. Produkce hormonů pro výměnu per, řízená hypofýzou, je řízena množstvím

světla v určitém ročním cyklu. Nejdůležitějším hormonem je tyroxin, který produkuje štítná žláza.

Předpokladem správné funkce opeření je jeho **čistota**. Ptáci k očištění používají koupání, popelení, sušení na slunci, protahování, nebo úpravu per zobákem či škrábáním dolními končetinami (Veselovský, 2001).



Obr. 6 (Veselovský, 2001)

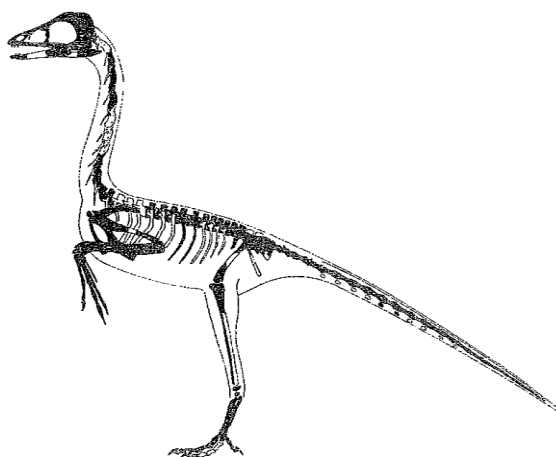
6. Kosterní soustava

Ptačí kostra je charakteristická svojí nízkou hmotností. Značnou redukcí ocasní páteře a velmi lehkými dutými (*pneumatizovanými*) dlouhými kostmi byl dosaženo váhy, která představuje jen asi 4% hmotnosti těla ptáka, zatímco u savců tento podíl činí 15 – 30%.

Z dlouhých kostí ptáků prakticky vymizela kostní dřevina a jejich dutiny jsou propojeny se vzdušnými plicními vaky. Kostní dřevina se objevuje pouze u samic v době rozmnožování. Díky činnosti pohlavních hormonů dochází u samic k výraznému zvýšení vstřebávání sloučenin vápníku a fosforu (minerálií) z potravy, čímž se v dřevnatých kostech vytváří trámečky a tím se před kladením vajec zvyšuje hmotnost kostry až o 20%. Samice získává potřebné látky pro tvorbu vaječné skořápky odbouráváním minerálních látek z trámečků pomocí zvláštních buněk (*osteoklasty*).

Zatím stále není k dispozici dostatek kosterních zbytků, aby se zcela objasnila cesta od plazů k dnešním ptákům.

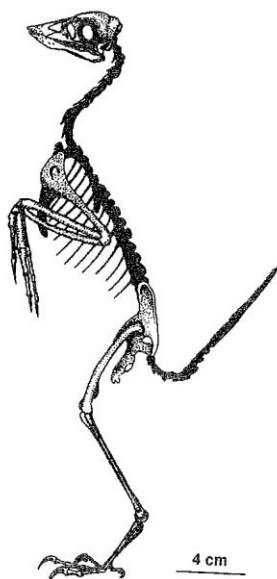
V roce 1961 byla v Texasu nalezena kostra praptáka *Protoavis texensis* (obr.7), 225 milionů let stará, ve velikosti bažanta. Jeho ramenní kloub se stavbou nelišil od kloubu dnešních ptáků, prsní kost měla vysoký hřeben, zápěstní kosti ve stavbě ruky nejsou zcela srostlé a nohy mají krátké prsty se silnými drápy. Ocas protoavise byl stejně dlouhý, jako u *Archaeopteryx*.



Obr. 7 (Roček, 2002)

Americký paleontolog J.H.Ostrom, který studoval podrobně kosterní materiál praptáků a dinosaurů se domnívá, že ptáci vznikli přímo z jurských masožravých dinosaurů, „neboť kostry malých dinosaurů, zejména končetiny a pánev mají až 40 naprosto shodných znaků (Veselovský, 2001).

Velkou událostí se stal v roce 1995 nález kostry praptáka rodu **Confuciusornis** (obr.8) v Číně z období svrchní jury. Na rozdíl od archaeopteryxe neměl v čelistech zobáku zuby.



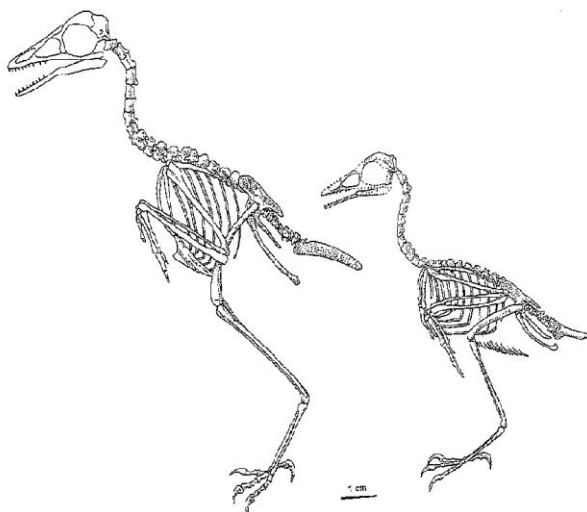
Confuciusornis sanctus měl již vytvořen bezzubý zobák, křídla byla zakončena volnými prsty a drápy a ocas byl tvořen izolovanými obratly, jejíž počet byl však zredukovaný. Spekulovalo se rovněž výrazných pohlavních rozdílech v opeření.

Vpravo je exemplář ze sbírek Jura-Museum v Eichstattu.

+

Obr. 8 (Roček, 2002)

Druhá infratřída, *Enantiornithes* (viz Systém) mají odlišnou stavbu otvoru mezi lopatkou, pažní a klíční kostí a také stavbou běháku. Někdy jsou tyto křídloví ptáci nazýváni jako „opoziční“, vzhledem ke třem zánártním kůstkám, které srůstají opačným směrem než u recentních ptáků (Roček, 2002).



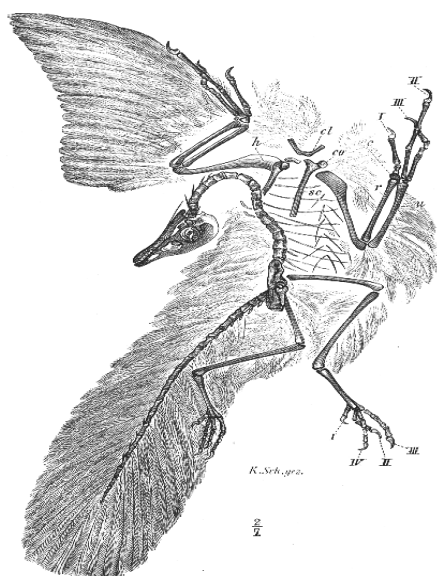
Iberomesornis (vlevo) pochází ze spodní křídly Španělska. Měl zesílenou krkavčí kost široce napojenou na prsní kost, redukovaný ocas na několik obratlů a zakončený pygostylem, zakřivené drápy a první prst otočený do protipozice.

Sinornis (vpravo) pochází ze spodní křídly Číny. Nemá ještě vytvořenou prsní kost, pouze dobře vyvinutý kýl.

Obr. 9 (Roček, 2002)

6.1. Kostra jurských ptáků

Nejstarším obratlovcem, kterého je možné bezpečně zařadit k ptákům je Archaeopteryx ze svrchní jury z oblasti dnešního Bavorska. Anatomie tohoto ptáka je určena podle sedmi dostupných nalezených koster. Nejznámější jsou tzv. londýnský exemplář (r. 1860, první nález), berlínský exemplář (1877, druhý nález – obr.10) a eistattský exemplář (obr.11), který postrádá otisky peří. Všechny tyto kostry dokládají dlouhý ocas Archaeopteryxe a klíční kosti (*furcula*) srostlé do písmene „U“.



Obr. 10 (http://www.geo.ucalgary.ca/~macrae/t_origins/archaeopteryx/)



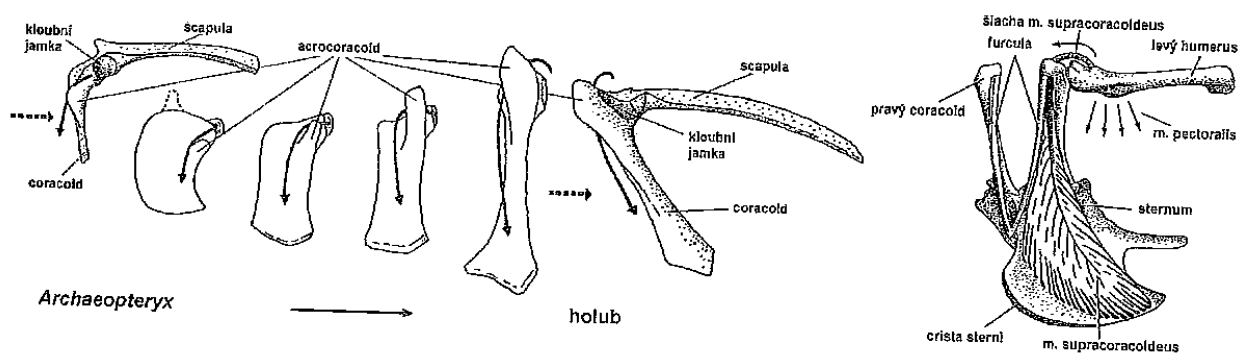
Obr. 11 (<http://www.naturpark-altmuehltal.de/cs/topten/steinwelten/>)

Do roku 1993 se předpokládalo, že lopatkový pletenec měl pouze chrupavčité sternum, nebo že sternum úplně chybělo, tedy že Archaeopteryx nebyl schopen, zvedat křídlo nad úroveň ramenního kloubu a tak nebyl schopen mávavého letu. Dnešní ptáci mají výběžek zvaný acrocoracoid, který otáčí šlachy svalů supracoracoideus dorzálním směrem a umožňuje křídlo zdvihat a působit tak proti prsním svalům, které stahují křídlo dolů.

Na obrázku můžeme porovnat část lopatkového pletence (*scapulocaracoidus*) archaeopteryxe a moderního létavého ptáka (holub). Domnělá stadia vývoje krkavčí kosti (*coracoid*) při pohledu ze směru přerušované šipky. Silnými šipkami je vyznačena

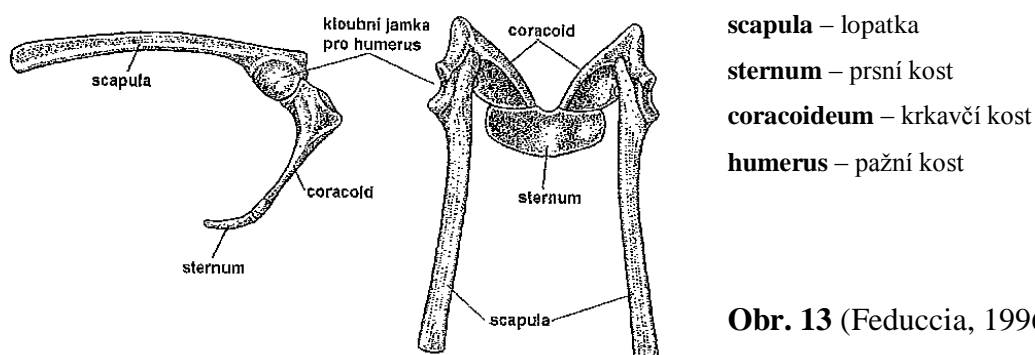
změna průběhu šlachy *m.supracoracoideus* v důsledku rozšíření výběžku horního konce krkavčí kosti (obr.12).

Zcela vpravo je v perspektivě zobrazen lopatkový pletenec moderních ptáků. Je zde vyznačena šlacha (*m.supracoracoideus*) na prsní kosti (*sternum*) s hřebenem (*crista sterni*) a pozice vidlice klíčních kostí (*furcula*) (Roček, 1985).



Obr. 12 (Carroll, 1993)

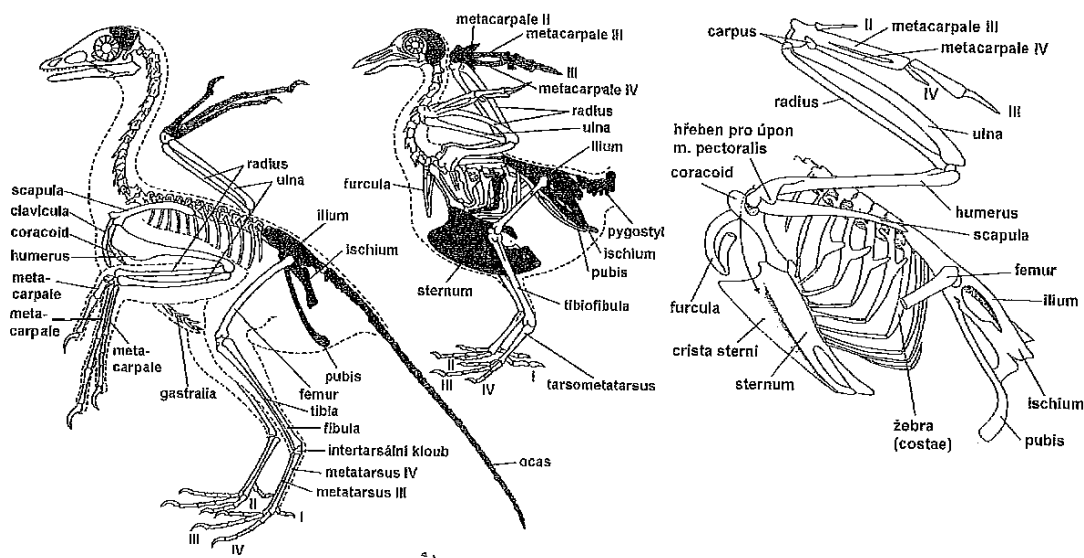
Poslední objevený exemplář *Archaeopteryx bavarica* vyvrací teorii o chybějícím sternu a dokazuje existenci malého čtvercového sternu (prsní kosti)(obr.13).



Obr. 13 (Feduccia, 1996)

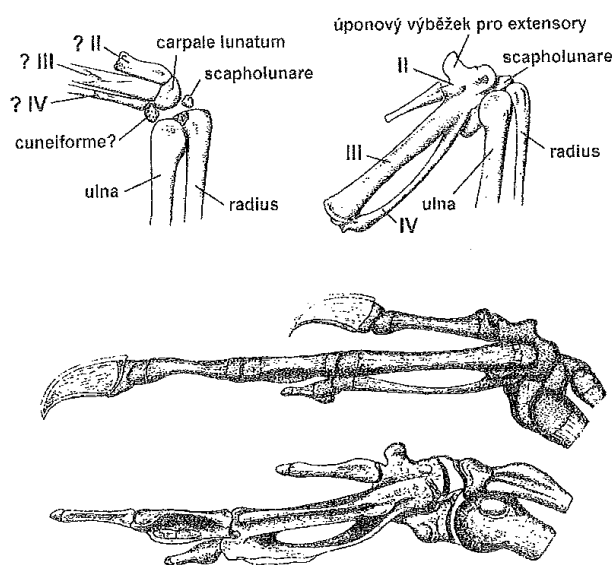
Porovnáme-li kostru *archaeopteryxe* (vlevo) s kostrou dnešního ptáka (vpravo), je patrné že evolucí se nejvíce vyvíjely mozek, pánev, ocas (pygostyl) a prsní kost (sternum), které jsou vyznačeny černě (obr.14).

Vpravo je potom část kostry moderního ptáka, je zde patrný lopatkový pletenec, křídlo a pánev. Šipkou je vyznačen průběh šlachy m.supracoracoideus (Špinar, 1984).



scapula (lopatka), **clavicula** (klíční kost), **coracoid** (krkavčí kost), **humerus** (pažní kost), **metacarpale** (kost záprstní), **gastralia** (břišní žebra), **radius** (vřetenní kost), **ulna** (loketní kost), **ilium** (kyčelní kost), **ischium** (sedací kost), **pubis** (stydka kost), **femur** (stehenní kost), **fibula** (lýtková kost), **tibia** (holenní kost), **tarsometatarsus** (běhák), **furcula** (vidlice klíčních kostí), **sternum** (prsni kost), **crista sternum** (hřeben prsni kosti)

Obr. 14 (Roček, 2002)

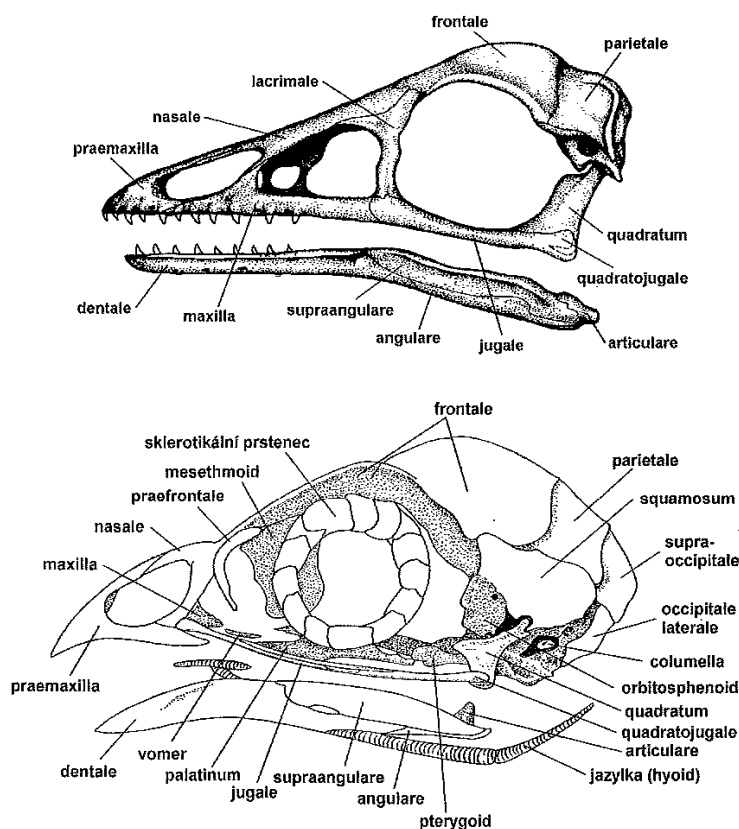


Obr. 15 (Carroll, 1993)

Porovnáním distální části přední levé končetiny archaopteryxe (vlevo nahoře) a moderního létavého ptáka (vpravo nahoře), můžeme vidět podobnost v redukci této přední končetiny. Záprstní kosti, metacarpalia, jsou označena římskými číslicemi.

Na spodním obrázku je část křídla hoacina v embryonálním stavu a zcela dole tatáž část dospělého hoacina. Embryogeneze moderních ptáků naznačuje, že nejdelší paprsek je tvořen ze třetího prstu.

Detailním porovnáním lebky archaeopteryxe a mláděte kura domácího (obr.16), můžeme identifikovat původní kosti a čelisti přeměněné na zobák.



praemaxilla – přední část kosti
hornočelistní
maxilla – hornočelistní kost
dentale – zubní kost
nasale – nosní kost
lacrimale – oční (slzná) kost
frontale – čelní kost
parietale – temenní kost
quadratum – čtvercová kost
quadratojugale – čtvercojářmová
kost
articulare – kloubní kost
jugale – jářmová kost
angulare – úhlová kost
vomer – radiční kost
palatinum – patrová kost
pterygoid – křídlatá kost

Obr. 16 (Feduccia, 1996)

6.2. Kostra křídových ptáků

Do období spodní křidy spadá nejstarší skutečný pták, kterému se čelisti přetvořily v zobák bez zubů a pocházející ze severovýchodní Číny s názvem Confuciusornis.

Podobně jako Archaeopteryx má některé primitivní znaky, např. křídla zakončená volnými prsty (*carpalia*) nesrostlými v kost záprstní (*carpometacarpus*), zakončená zahnutými drápy.

Rovněž klíční kosti (*furcula*) zůstávají srostlé do písmene „U“. Lebka je opatřena dvěma spánkovými otvory, tomuto typu lebky se říká diapsidní.

Přestože ocas je stále dlouhý a tvořený izolovanými obratli, je u další dominantní skupiny křídových ptáků, Enantiornithes, patrná redukce ocasu na pygostyl.

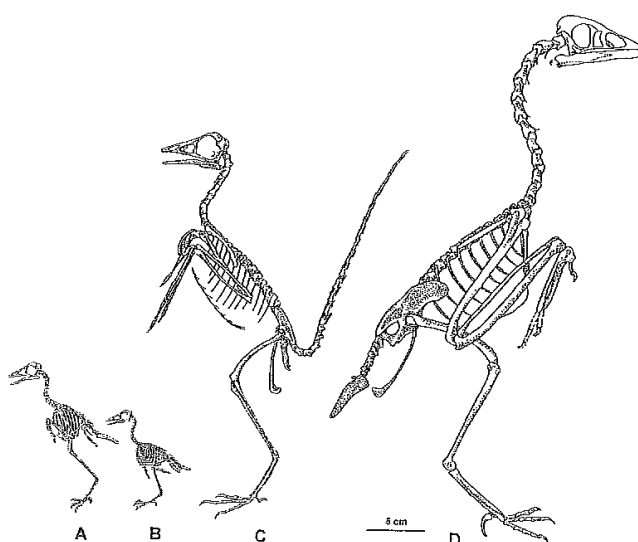
Enantiornithes jsou dobře rozeznatelní podle stavby lopatkového pletence a podle ramenní kosti s velkým otvorem.

Dalším raněkřídový pták Iberomesornis pochází z oblasti Španělska, měl zesílenou kost krkavčí (*coracoid*) napojenou široce na prsní kost (*sternum*). Na prsní kosti je znatelný hřeben (*crista sterni*). Ocas byl redukovaný pouze na několik obratlů a zakončený pygostylem. První prst měl otočený do protipozice, což umožňovalo uchopování na větvích.

Confuciusornis sanctus je vzhledem ke svým primitivním znakům řazen do podtřídy Sauriurae. Do této podtřídy jsou také řazeni Enantiornithes, jako dominantní skupina ptáků v křídě.

Na obrázku 17 jsou znázorněny rekonstrukce kostry zástupců skupiny Enantiornithes se skeletem Archaeopteryxe, při zachování velikostních poměrů. Vzhledem k tomu, že lebka a pygostyl Enantiornise nejsou známy, je lebka použita z rodu Gobipteryx a pygostyl byl rekonstruován podle Iberomesornise (Roček, 2002).

A – Iberomesornis , **B** – Sinornis , **C** – Archaeopteryx , **D** – Enantiornithes



Obr. 17 (Roček, 2002)

Z výzkumu skupiny ptáků Enantiornithes je zřejmé, že těmto ptákům chybělo cévní zásobování kostí, což je jedním ze znaků ekothermních živočichů.

Předpokládá se tedy, že Enantiornithes měli omezenou schopnost termoregulace a nedosahovali plné teplokrevnosti, jako recentní ptáci.

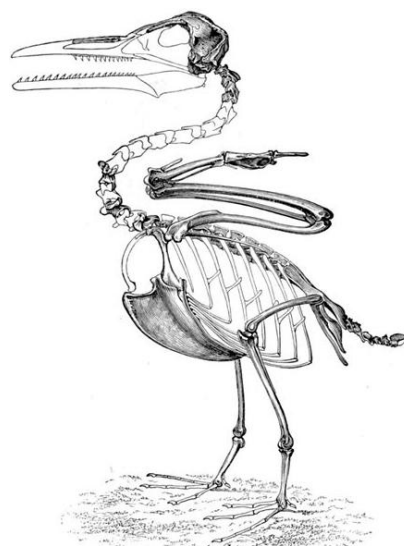
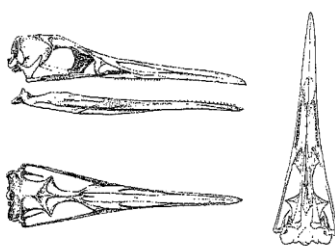
Již od roku 1880 jsou též známé dva druhy pozdněkřídových ptáků, a to Hesperornis a Ichthyornis.

Hesperornis (obr.18) měl druhotnou ztrátu schopnosti aktivního letu, přizpůsobený k potápění. Měl protáhlou lebku s ozubenými čelistmi (alveolární zuby podléhaly pravidelné výměně), prsní kost bez hřebenu, krátké přední a dozadu posunutou zadní končetiny.

Ichthyornis (obr.19) byl naopak aktivní letec s velmi zkrácenou páteří a vysokým hřebenem prsní kosti.



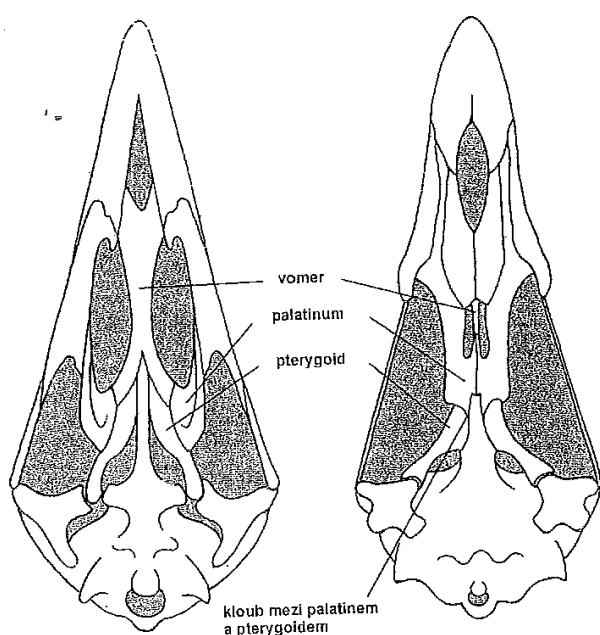
Obr. 18 (<http://www.oceansofkansas.com/Hesperornis/marhesp.jpg>)



Obr. 19 (http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ichthyornis_skeleton.jpg)

V období křídly dochází k základní diferenciaci moderních ptáků na dvě hlavní fylogenetické linie zvané běžci (Palaeognathae) a letci (Neognathae). Dělicím znakem mezi zástupci těchto dvou linií je struktura ústního patra. Zatímco běžci mají kosti

ústního patra spojeny nepohyblivými švy, letci mají kosti navzájem pohyblivé pomocí kloubů, čímž jsou dány i možnosti přijímání potravy.



Schema ústního patra ptáků skupiny Palaeognathae – běžci (vlevo) a Neognathae – letci (vpravo).

vomer – radliční kost
palatinum – patrová kost
pterygoid – křídlatá kost

Obr. 20 (Roček, 2002)

V druhohorách během přibližně 85 milionů let proběhla více než polovina historie ptáků na Zemi. Stále nové objevy ptáků z křídy dokazují, jak již v této době byli ptáci rozrůznění.

Doklady křídových ptáků pocházejí z nejrůznějších částí světa a jsou stále doplňovány novými objevy z oblastí, kde dříve chyběly.

V naší zemi se nacházejí poměrně často fosilní zbytky z období oligocenu a miocenu, ale většinou se jedná o samostatné kosti křídel, nebo dolních končetin (Roček, 2002).

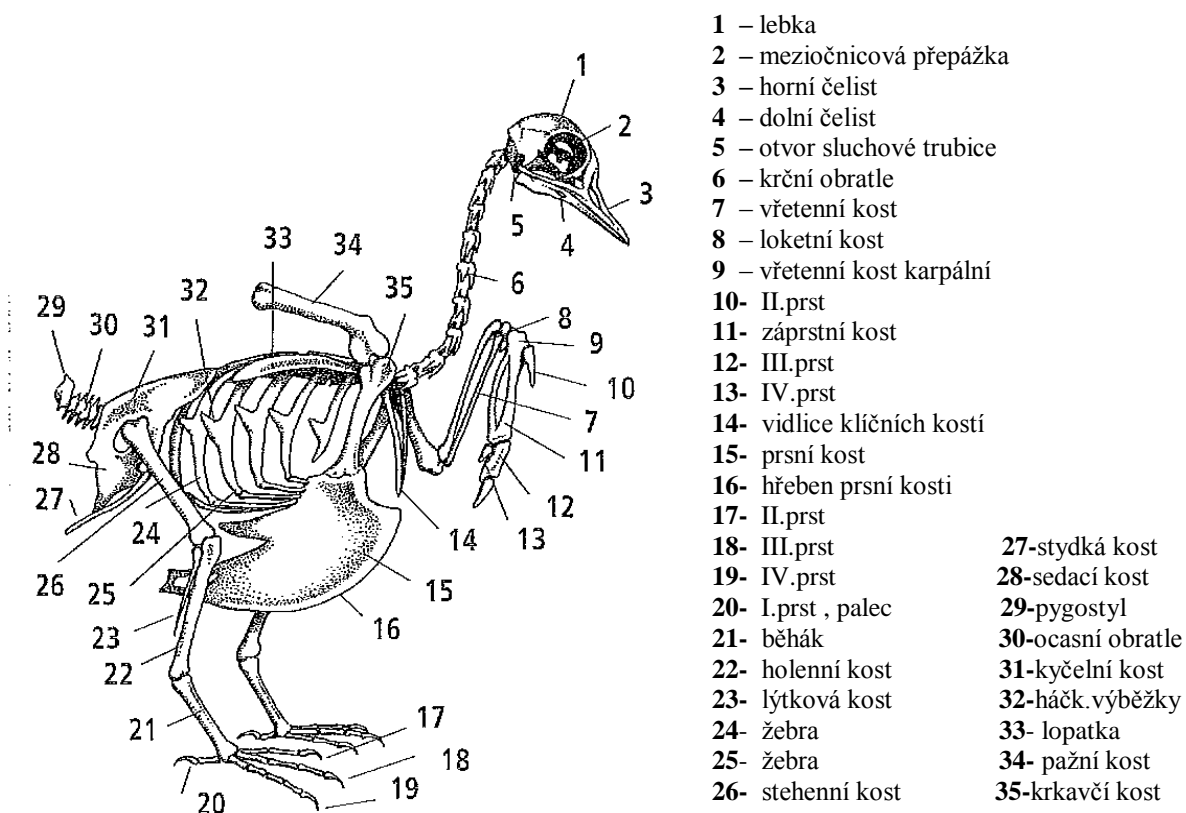
6.3. Kostra dnešních ptáků

Obecně se kostra dnešních ptáků vyznačuje velmi nízkou hmotností, avšak vzhledem k většímu obsahu minerálií jsou mnohem tvrdší a pevnější v tahu než kosti plazů a savců. Při nárazech jsou ale velmi křehké.

Kosti krycí, např. lebeční krytina, vznikají přímo z vaziva osifikací.

Kosti náhradní, zejména dlouhé rourovité kosti končetin, se vytváří zkostnatěním původní chrupavčité kostry ptačích zárodků. Chrupavčitý povlak je zachován na kloubních plochách, čímž je zaručen klouzavý pohyb na sebe dosedajících kosterních částí.

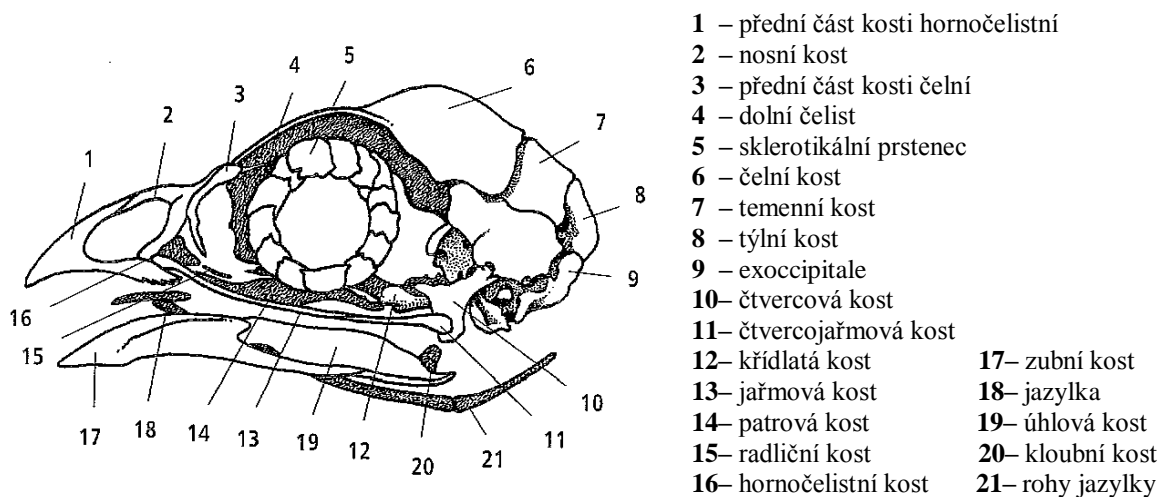
Nervová vlákna a cévy zásobující kost stavebními látkami se nacházejí v okostici, která pokrývá kosti ptáků. Přestože kosti ptáků mají poměrně vysoký obsah uhličitanu vápenatého a solí fosforu, staré části se odbourávají a tvoří se nové tkáně. Tyto přestavby však nemají vliv na pevnost kostí.



- 1 – lebka
- 2 – meziočnicová přepážka
- 3 – horní čelist
- 4 – dolní čelist
- 5 – otvor sluchové trubice
- 6 – krční obratle
- 7 – vřetenní kost
- 8 – loketní kost
- 9 – vřetenní kost karpální
- 10- II.prst
- 11- zápřstní kost
- 12- III.prst
- 13- IV.prst
- 14- vidlice klíčních kostí
- 15- prsní kost
- 16- hřeben prsní kosti
- 17- II.prst
- 18- III.prst
- 19- IV.prst
- 20- I.prst , palec
- 21- běhák
- 22- holenní kost
- 23- lýtková kost
- 24- žebra
- 25- žebra
- 26- stehenní kost
- 27- stydká kost
- 28- sedací kost
- 29- pygostyl
- 30- ocasní obratle
- 31- kyčelní kost
- 32- háčk. výběžky
- 33- lopatka
- 34- pažní kost
- 35- krkavčí kost

Obr. 21 (Veselovský, 2001)

Na rozdíl od plazů a savců jsou **kosti ptačí lebky** (obr.22) dokonale srostlé a bezešvé. Lebeční kosti ptáků srůstají již během embryonálního vývoje. Ptačí lebka je extrémně pohyblivá a jejím nejvýraznějším znakem je výběh v bezzubý **zobák**.



Obr. 22 (Veselovský, 2001)

Horní čelist zobáku (rostrum) vznikla proměnou mezičelistních kostí, jejichž přední výběžky tvoří strop dutiny nosní a jsou nasunuty mezi kosti nosní (*nasalia*). Spodní okraj horní poloviny zobáku tvoří čelistní výběžky spojené s malými hornočelistními kostmi (*maxillae*). Stavbu tvrdého patra vytváří výběžky spojené s patrovými kostmi (*palatina*). Spojení hornočelistních kostí s kostmi nosními je většinou pohyblivé, někdy se tu dokonce vytváří kloub.

Na horní čelisti u kořene zobáku se nacházejí dvě nozdry, které mohou být buď oddělené nosní přepážkou, nebo je tato přepážka proděravěná a nozdry jsou spojené.

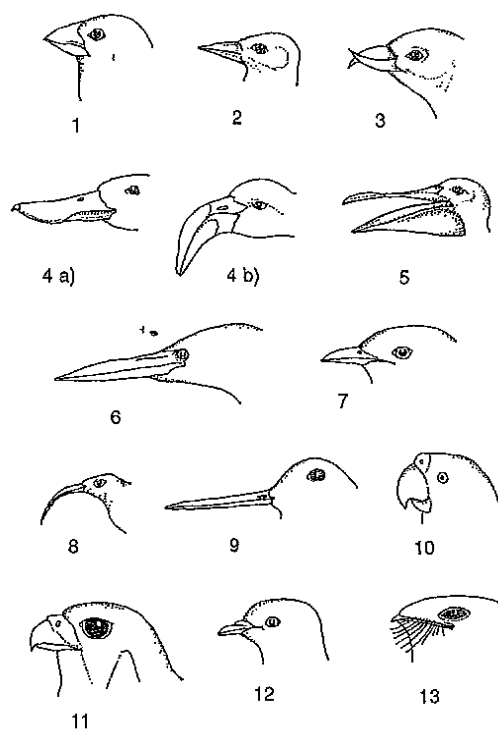
Spodní čelist zobáku (mandibula) vzniká srůstem zubní (*dentale*), kloubní (*articulare*) a úhlové (*angulare*) kosti (+tři drobných kůstek).

Pohyb horní čelisti zobáku umožňuje ohebné spojení s lebkou a dva pružné můstky mezi čelistí a kostí čtvercovou (*quadratum*). Tato je vlastně kloubní spojení mezi dolní čelistí a lebkou a přenáší pohyb dolní čelisti na horní. Kost čtvercová se při otevření zobáku natáčí a tento pohyb se přenáší na horní čelist tzv. vnější pákou, kterou tvoří

kost čtvercojářmová (*quadratojugale*) a tzv. vnitřní pákou, vytvořenou spojením kosti křídlaté (*pterygoideum*) a patrové (*palatinum*). Tento mechanismus se uplatňuje hlavně při uchopení potravy.

Nápadný rozdíl od lebky plazů jsou mohutné očníce (*orbitae*). Kostěná meziočnicová přepážka (*septum interorbitale*) je velmi tenká.

U druhů s nápadně velkýma očima, např. sovy, bahňáci a dravci, oční koule odsunuly postupem času dozadu i mozkovnu, kde se mozek ukládá prakticky v kolmé poloze a týlní otvor (*foramen occipitale*) se ze zadní části lebky přesunul prakticky až na její spodinu (Veselovský, 2001).

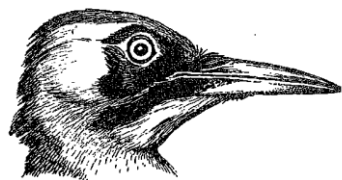


Podle způsobu získávání a uchopování potravy se postupem času utvářely rozmanité tvary zobáků.

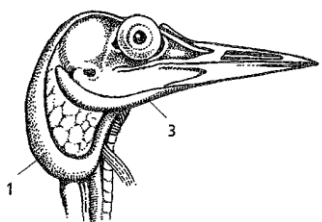
- 1 – zrnožravý pěvec (dlask)
- 2 – dobývání hmyzu ze dřeva (datel)
- 3 – vytahování semen ze šišek (křivka)
- 4a– filtrování potravy z bahna (lžičák)
- 4b– filtrování potravy z bahna (plameňák)
- 5 – lov ryb v mělké vodě (pelikán)
- 6 – harpunování vodních živočichů (volavka)
- 7 – sbírání hmyzu (kukačka)
- 8 – sání květních šťáv (kolibřík)
- 9 – sběr hmyzu z vlhké půdy (sluka)
- 10– louskání plodů a semen (papoušek)
- 11– trhání masité kořisti (dravci)
- 12– sbírání semen a plodů (holub)
- 13– chytání létajícího hmyzu (lelek)

Obr. 23 (Zicháček, 1995)

Oporná kost jazyka – jazylka (*hyoideum*) – patří rovněž ke kostře hlavy. Například u datlů jazylka několikanásobně převyšuje délku zobáku a v klidové poloze se stáčí kolem hlavy (obr.24).



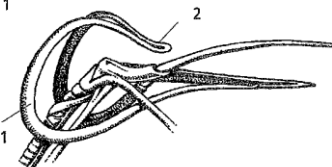
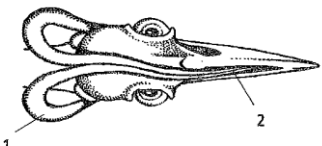
Datli, např. žluna zelená mají jazyk daleko vytažitelný, který při lovu potravy vymršťuje daleko z ústní dutiny.



1 – jazylka (hyoideum) – oporná kost jazyka

2 – nozdry (nares)

3 – slinné žlázy – zvlhčují jazyk lepkavým sekretem



Obr. 24 (Veselovský, 2001)

Osou ptačí kostry je **páteř**, která je tvořena **obratli**. Z celé páteře je nejpohyblivější krční oddíl s druhově proměnlivým počtem obratlů. Zatímco savci mají (až několik málo výjimek) jen sedm **krčních obratlů** bez ohledu na délku krku, u ptáků odpovídá délka krku počtu obratlů. Pěvci jich mají 8 až 10 (např. vrabec), tedy nejmenší počet, naopak dlouhý krk labutí je tvořen až 25-ti obratli. Vzájemnou pohyblivost a tím ohebnost celého krku výrazně zvyšují sedlovité kloubní plochy mezi jednotlivými obratli (Jelínek, 2000).

Pohyblivost hlavy je umožněna také tím, že první krční obratel **atlas** je spojen s lebkou jediným týlním kloubním hrbolem (*condylus occipitalis*). Někteří ptáci tak mohou otáčet hlavou až o 180°.



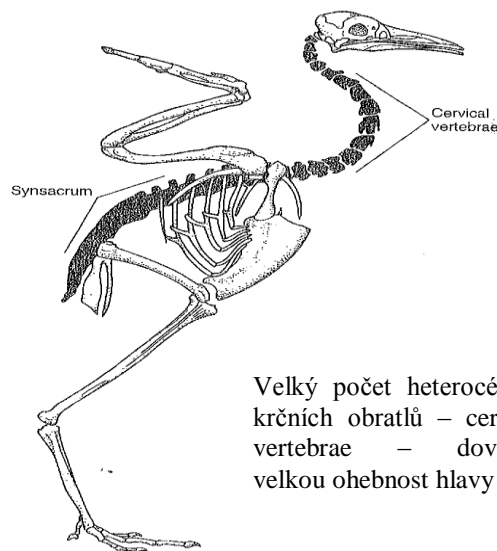
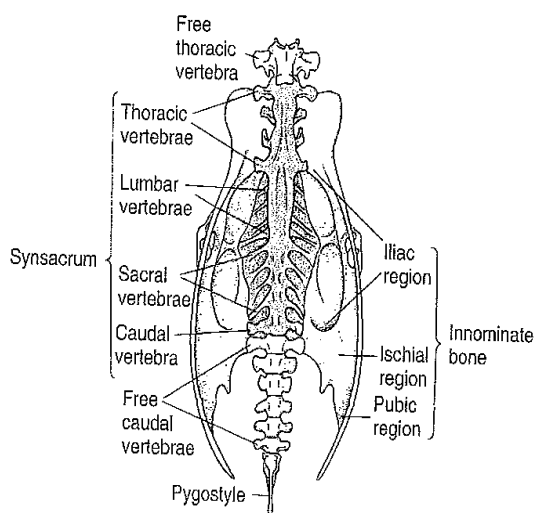
- 1 – kraniální kloub. jamka
- 2 – kaudální kloub. hlavice
- 3 – praezygapofýza
- 4 – postzygapofýza
- 5 – trnový výběžek

Obratle ze dvou párů výběžků, **heterocélní**, vytváří spojení způsobující velkou ohebnost páteře.

Obr. 25 (Řezníček, Roček 2007)

Osní část trupu je zpevněna spojením, u mnoha ptáků úplným srůstem **hrudních obratlů**, kterých bývá obvykle 3 až 10. Poslední hrudní obratle srůstají se 6-ti bederními a 14-ti **křížovými obratli** a finálně také s předními **ocasnými obratli** do jednoduté kosti zvané **synsacrum** (obr.26). S touto kostí navíc pevně srůstají kosti pánevní a dále kost kyčelní, sedací a stydká, čímž je vytvořen mohutný kostní systém otevřený směrem dolů. Synsacrum tvoří spolu s pánevními kostmi plochu pro úpony a odstup svalů zadních končetin (Řezníček, Roček 2007).

Páteř – osa ptačí kostry
Rozsáhlá oblast splynutí hrudních, křížových a ocních obratlů do jednotné kosti – synsacrum.



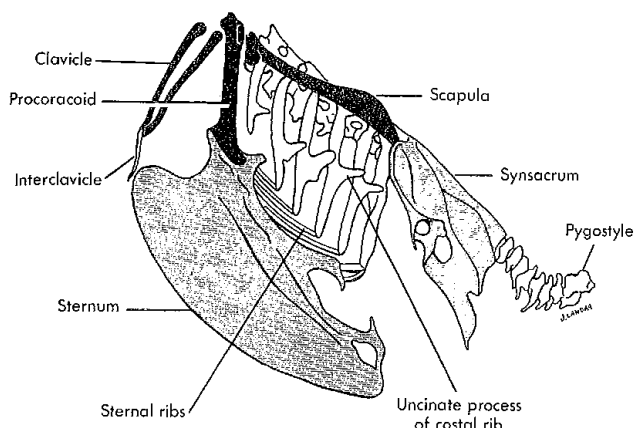
Velký počet heterocélních krčních obratlů – cervical vertebrae – dovoluje velkou ohebnost hlavy

Obr. 26 (Kardong, 2002)

Obr. 27 (Kardong, 2002)

Posledních několik ocasních obratlů srůstá v plochou šavlovitou kost zvanou **pygostyl**, na který nasedají rýdovací pera.

Základní část kostry ptáka (holub), hrudní a ocasní kosti. Hrudní kosti jsou zvýrazněny černě, prsní kost (sternum) a synsacrum jsou šedé.



clavicle – klíční kosti

scapula – lopatka

procoracoid – krkavčí kost

sternum – prsní kost

sternal ribs – hrudní obratle

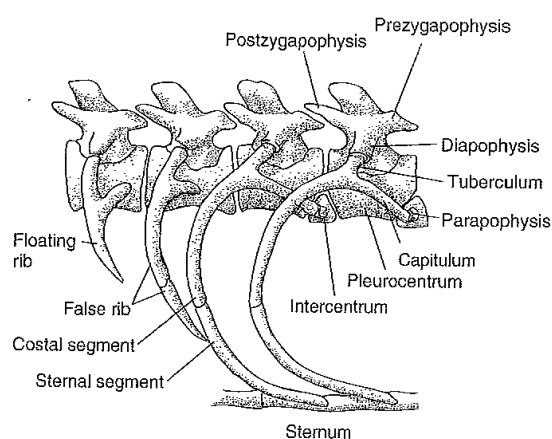
synsacrum – bederní srostlá část

pygostyle – ocasní srostlá část

Obr. 28 (<http://people.eku.edu/ritchisong/RITCHISO//birdskelton5.gif>)

Součástí hrudního koše je mohutná **prsní kost** (*sternum*) vybíhající v mohutný **hřeben** (*crista sterni*), na nějž se upíná létací svalstvo ptáka. Významnou oporu pro nosné plochy křídel tvoří zpevnění hrudní páteře s dlouhými šavlovitými lopatkami krkavčích kostí a srostlými klíčními kostmi, což je z hlediska letu předpoklad k udržení stability celého hrudního koše při dýchání.

Všechny hrudní obratle nesou **párová dvoudílná žebra** (obr.29), tvořící hrudní koš. Ptáci mají 3 až 9 párů žebíř srostlých s prsní kostí, nebo neúplných, která toto spojení postrádají, rozdíly jsou dány skupinovými a rodovými znaky.



Žebra spojená kloubem s prsní kostí (**pravá-true ribs**) mají dva segmenty - žebířní (costal) a hrudní (sternal) segment.

Žebra nespojená s prsní kostí (**falešná-false ribs**) jsou také dvousegmentová.

Žebra s bez kloubního spojení jsou tzv. **plovoucí** (floating) žebra.

Obr. 29 (Kardong, 2002)

Dvoudílná žebra, srostlá s prsní kostí jsou spojena kloubovitě, což představuje dokonalé přizpůsobení k letu. Umožňují totiž hluboké dýchání celým hrudním košem, který mění svůj objem jako měch zdvihem žeber.

Vidlice klíčních kostí (*furcula*) jsou srostlé do písmen U (obr.30) a výběžky krkavčích kostí (*procoracoideus*) se při letu při tahu dolů příčně ohýbají stranou a při tahu nahoru odskakují zpět do středu (Kardong, 2002).

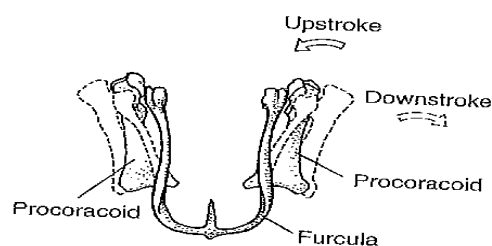
Přední pohled na vidlici klíčních kostí (holub) a posun kostí krkavčích při pohybu křídla dolů a nahoru při letu

Upstroke – pohyb při tahu nahoru

Downstroke – pohyb při tahu dolů

Procoracoid – krkavčí kosti

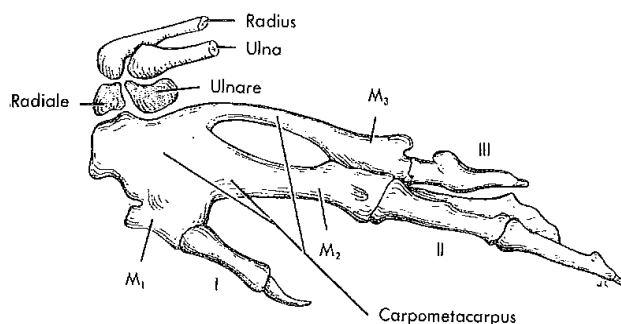
Furcula – vidlice klíčních kostí



(c)

Obr. 30 (Kardong, 2002)

U **přední končetiny** ptáků jsou v části „ruky“ (*manus*) srostlé 3 záprstní kosti (*metacarpale*) s II., III. a VI. prstem (nejnovější interpretace prstů, původně označované jako I.,II.III.), kosti nártové jsou zaniklé. Jsou zde jen dvě kosti ve společném útvaru zvaném **carpometacarpus** (obr.31).



Levý přední manus ptáka

radius – vřetenní kost

ulna – loketní kost

metacarpale – M1-M3 záprstní kosti

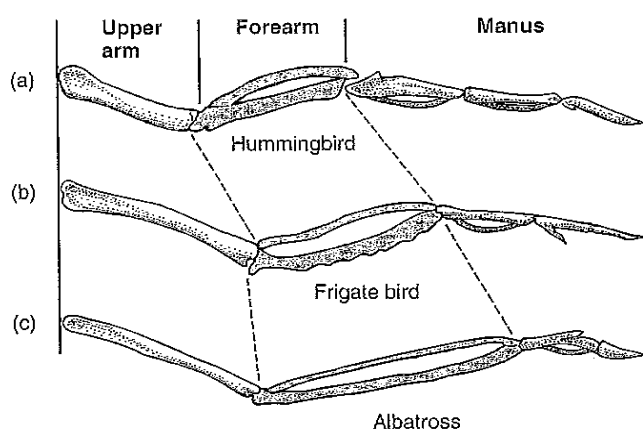
carpometacarpus – srostlá kost

prsty jsou značené I.,II.,III. podle starší teorie

Obr. 31 (Kent, 1987)

Předloktí je tvořeno kostí vřetenní (*radius*) a kostí loketní (*ulna*) a horní část přední končetiny je nejmohutnější a je tvořena kostí pažní (*humerus*), jejíž horní konec s kulovitou kloubní hlavici zapadá do jamky pažního kloubu lopatkového pletence, jenž je tvořen krkavčí kostí (*coracoid*), vidlicí klíčních kostí (*furcula*) a lopatkou (*scapulae*).

Všechny tyto tři části přední končetiny u různých druhů ptáků mění svoji délku a tím i stupeň důležitosti peří na těchto částech při letu (obr.32).



Rozdíly ve způsobu létání se promítají i do stavby přední končetiny ptáků. Porovnáme-li délku a sílu ramenní kosti (upper arm), předloktí (forearm) a zápěstí (manus) u :

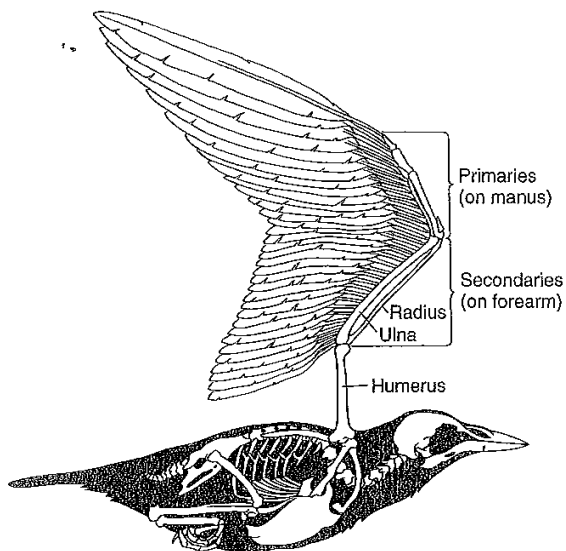
- a) kolibříka – vířivý let, vztlak
- b) fregatka – klouzavý let
- c) albatros – dynamické plachtění

můžeme definovat i důležitost a využití designu křídla a primárního, či sekundárního peří na končetině

Obr. 32 (Kardong, 2002)

Primární peří na manusu slouží více na mrštnost a vztlak a má velkou důležitost u ptáků s relativně dlouhým manusem, např. kolibřík. U ptáků vznášejících se, např. fregatka, případně u albatrosů je výrazně prodloužená ramenní kost a předloktí na úkor manusu a tím získává důležitost sekundární peří na předloktí odpovědné za vzlet.

Celé ptačí křídlo působí při letu jako jednozvratná páka. Tlak vyvolaný na ramenní kloub je přenášen krkavčími kostmi na kost prsní, kde se protisměrným působením z obou stran ruší.



Peří podél křídla má rozdělené funkce při letu.

Primární (primaries) peří upevněné na manusu je odpovědné za vytvoření tahu a vztlaku.

Sekundární peří na předloktí vytváří zdvih.

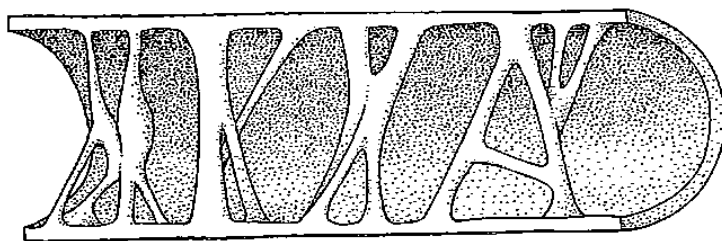
humerus – ramenní kost

radius – vřetenní kost

ulna – loketní kost

Obr. 33 (Kardong, 2002)

Dlouhé kosti ptáků, které prakticky neobsahují kostní dřeň, dutiny jsou vyztuženy přepážkami propojené s plicními vaky (obr.34). Duté dlouhé kosti výrazně snižují váhu ptáka a při vzletu se navíc dutiny plní vzduchem a pomáhají nadnášení. Na kulovité kloubní hlavici ramenní kosti (*humerus*) se nachází kromě kostních hřebenů pro úpony svalů také nápadný otvor, kterým do kosti vniká vzduch z meziklíčkového vzdušného vaku.



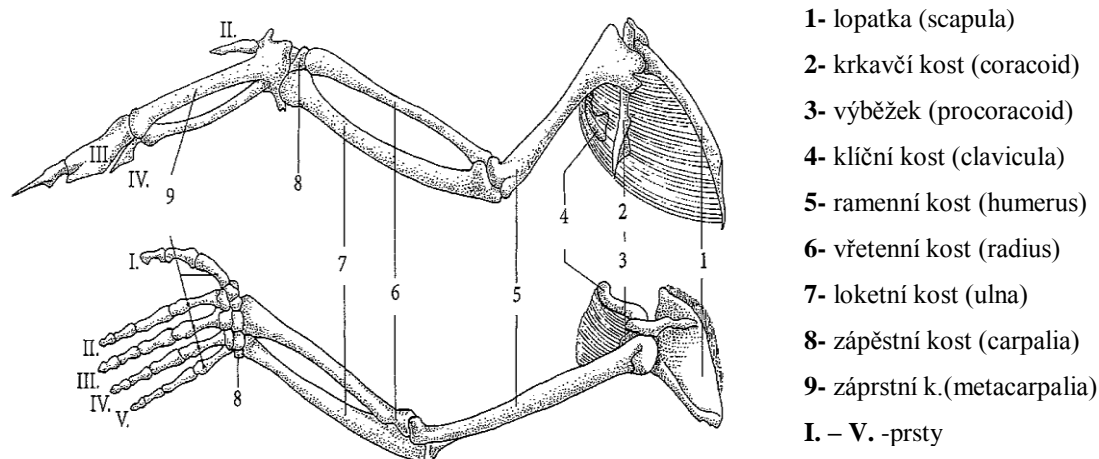
Dutá ramenní kost ptáka s viditelnými přepážkami, které slouží jako výztuha odlehčené kosti.

Obr. 34 (Kardong, 2002)

Kostru křídla připevňuje k hrudnímu koši lopatkový pletenec, který je tvořen mohutnou krkavčí kostí (*coracoid*) s výběžkem (*procoracoid*), na kterou se upíná jeden z létacích svalů, a dále kostí klíční (*clavicula*). Krkavčí kosti nasedají na přední hranu prsní kosti a vytváří jakési sloupy, podpírající ramenní klouby. Klíční kosti u ptáků jsou slabé a splynuly v kost vidlicovitého tvaru do písmene U (*furcula*). V místě spojení klíčních kostí probíhá

kanálkem šlacha zdvihače křídla. Samotné lopatky jsou uloženy párově podél páteře a jsou spojené vazy se žebry. Mají šavlovitý tvar a jsou poměrně malé a úzké, neboť svaly, které se na ně upínají, ztratily svou funkci.

Porovnáme-li přední končetinu ptáka a člověka (včetně lopatkového pletence) (obr.35), můžeme vidět zřetelnou redukci zejména v části zápěstí a prstů, ale také přizpůsobení lopatkového pletence s redukcí samotné lopatky (Kent, 1987).



Obr. 35 (Richards, 1991)

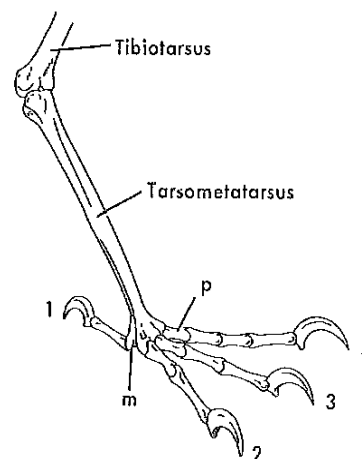
Zadní končetiny ptáka si zachovaly kráčivou funkci. Ojedinelým kosterním útvarem je **běhák** (*tarsometatarsus*), vzniklý srůstem nártních (*tarsus*) a zánártních kůstek (*metatarsus*) (obr.36).

Kloub mezi lýtkem a běhákem se nazývá intertarzální, neboť vede mezi tarzálními kostmi, přirostlými částečně k lýtkové kosti (tibiotarsus) a částečně k následujícímu běháku (tarsometatarsus).

Prsty jsou pouze čtyři, přičemž první dvoučlankový prst je otočen dozadu.

m-(metatarsal) zánártní kost

p –(phalanx) článek prstu



Obr. 36 (Kent, 1987)

Zadní končetina je rozdělena na pět úseků, které jsou tvořeny stehenní kostí (*femur*), holenní kostí (*tibia*) + lýtkovou (*fibula*), třetí část je nárt (*tarsus*), dále zánártí (*metatarsus*) a prsty (*digiti*).

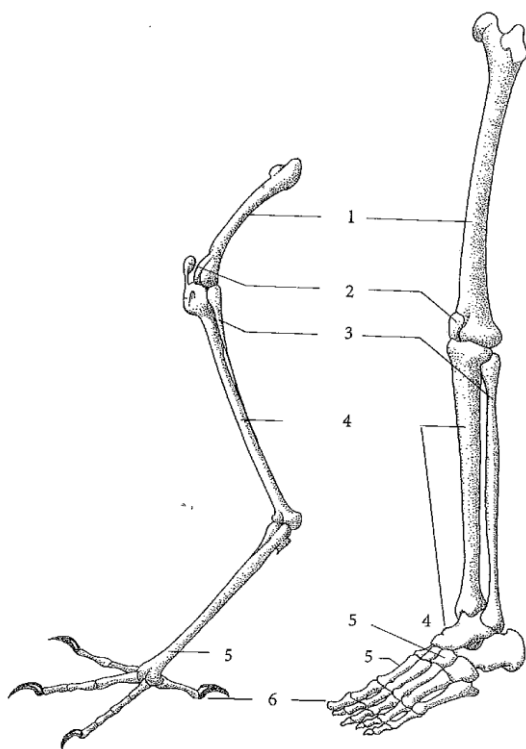
Velký kulovitý kloub stehenní kosti do kyčelní kloubní jamky pánevních kostí.

Pánev je srostlá s páteří, směrem dolů otevřená, což ptákům umožňuje klást poměrně velká vejce. Pánevní kosti jsou miskovité a jsou v nich uloženy ledviny, pohlavní žlázy, část střeva a kloaka.

Na vrcholku hlavice stehenní kosti je výběžek zvaný chocholík (*trochanter*), k němuž jsou upnuty hýžděvé svaly. Při pohybu se chocholík opírá o tzv. protichocholík (*antitrochanter*), umístěný nad kloubní jamkou. Tyto dva výstupky limitují schopnost odtažení dolní končetiny od těla. U běžců bývají oba chocholíky velké, noha se prakticky kýve v jedné rovině a schopnost odtažení je malá. U potápějících se ptáků je to opačné, chocholíky jsou malé a schopnost odtažení velká.

Spodní konec stehenní kosti tvoří s bérčovými kostmi, holenní (*tibia*) a lýtkovou (*fibula*), kolenní kloub. Pohyblivost kolena zajišťují dva chrupavčité menisky a čěška (*patella*). Hmotnost celého těla nese v podstatě pouze kost holenní, lýtkové slouží pouze jako pružné pero, které při rotaci vrací holenní kost do původní polohy. Pohyb mezi těmito bérčovými kostmi a spodním běhákem zprostředkovává intertarzální kloub.

Prsty (*digiti*) na spodní končetině jsou pouze čtyři, pátý prst chybí. I. prst má jen dva články a je vždy otočen dozadu. II. prst má články tři, III. prst čtyři a IV. prst pět článků (Kent, 1987; Řezníček, Roček, 2007).

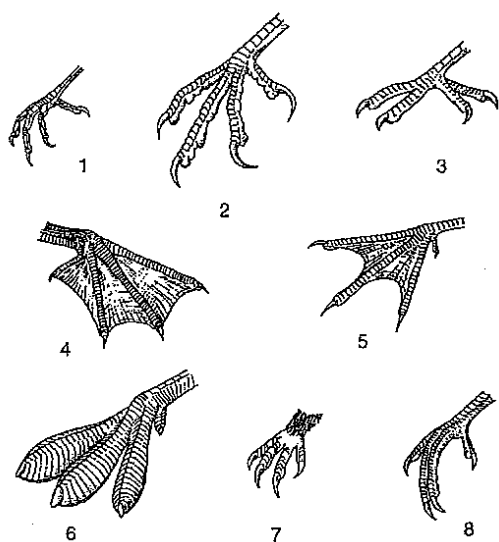


Porovnáním kostí zadní končetiny ptáka a (savců) člověka je patrná redukce nártu v živočišné říši ojedinelý kostní útvar **běhák**.

- 1 – stehenní kost (femur)
- 2 – česka (patella)
- 3 – lýtková kost (fibula)
- 4 – holenní kost (tibia) a proximální řada zánártních kostí (tarsus)
- 5 – distální řada zánártních kostí a nártní kosti (metatarsus), u ptáka běhák (tarsometatarsus)
- 6 – prsty (digiti) I. – IV. (pták)

Obr. 37 (Richards, 1991)

Tak jako rozmanitě uspořádány zobáky u různých druhů ptáků, rovněž **nohy ptáků** jsou různě přizpůsobeny ke specifickým činnostem (Jelínek, 2000).



Typy ptačích nohou

- 1 – kráčivá (pěnkava)
- 2 – spár (dravec)
- 3 – šplhavá (strakapoud)
- 4 – veslovací (kormorán)
- 5 – plovací (racek)
- 6 – lemovaná (potápka)
- 7 – závěsná (rorýs)
- 8 – syndaktylní (část srůst II., III., IV. prstu) (ledňáček)

Obr. 38 (Jelínek, 2000)

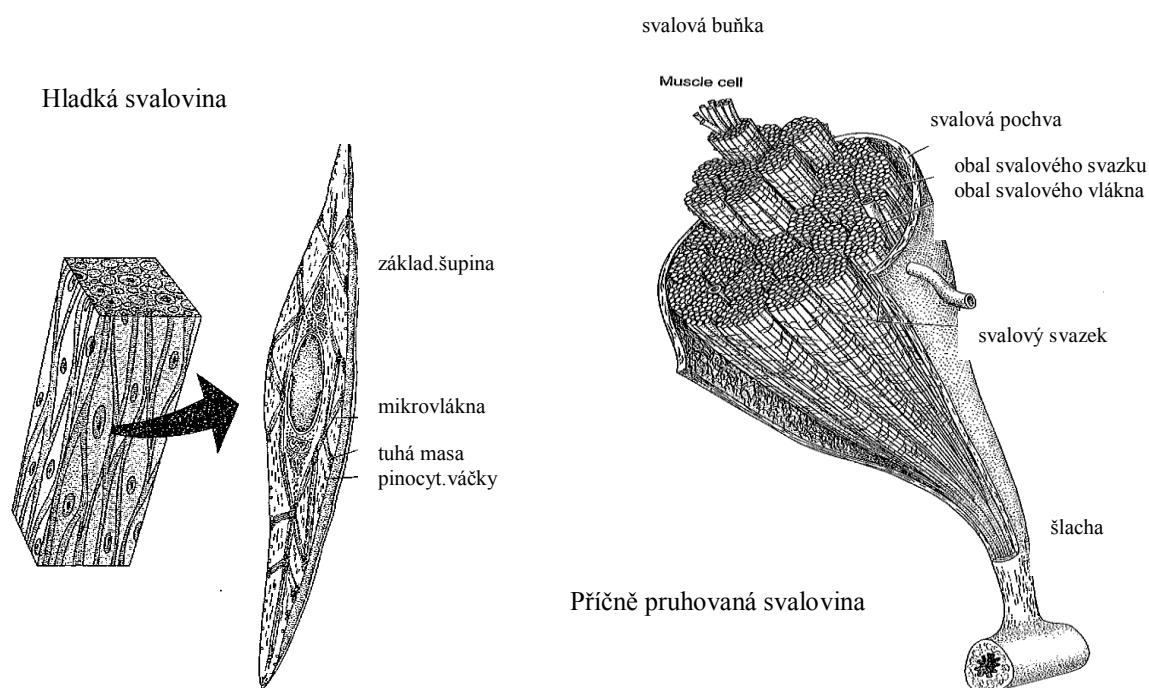
7. Svalová soustava

Svalová soustava ve spojení s kosterní soustavou vytváří funkční celek v postupném přizpůsobení životním podmínkám.

Největší svalová hmota je soustředěna v těžišti pod nosnými plochami křídel, což je zásadní předpoklad pro let.

Podle typu můžeme svaly ptáků rozdělit do dvou skupin.

První skupinu tvoří **hladká svalovina** (obr.39), která je řízena vegetativní nervovou soustavou, což znamená, že nezávisí na vůli jedince. Toto svalstvo představuje např. svaly v plicích, v krevním řečišti, v zaživacím a vyměšovacím ústrojí atd. Toto svalstvo má velkou vytrvalost, ale pracuje 5 až 10krát pomaleji, než svaly patřící do skupiny druhé.



Obr. 39 (Kardong, 2002)

Obr. 40 (Kardong, 2002)

Druhou skupinu tvoří kosterní svaly ovládané vůlí jedince, tzv. „maso“, neboli **svaly příčně pruhované** (obr.40), které vznikají střídáním užších světlejších proužků svaloviny (jednolomné) a silnějších tmavších proužků (dvojlomné). Příčně pruhované svaly pracují velmi rychlými stahy až 70 smrštění za sekundu.

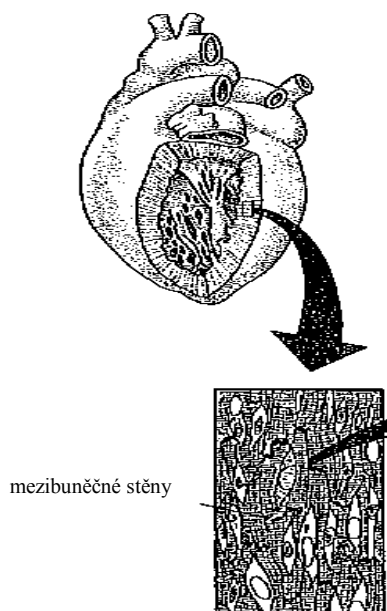
Kosterní svalovina obsahuje **červená a bílá svalová vlákna**, která bývají ve svalech obvykle rovnoměrně rozložena. Výjimkou je létací svalovina kolibříků, která je tvořena pouze červenými vlákny a díky obrovské aerobní látkové výměně až 3000J/g za hodinu je nejvýkonnější ze všech obratlovců.

Červená vlákna obsahují *myoglobin* (červené barvivo), který váže kyslík. Tyto vlákna mají vysoký obsah energeticky vydatných tuků, které při práci spalují a jsou dobře zásobovány krevními vlásečnicemi. Červená vlákna převládají ve svalech vytrvalých (např.holub) a velmi rychlých (např.rorýs) letců.

Bílá vlákna mají odlišný typ enzymů, obsahují málo myoglobinu a pracují na principu anaerobního metabolismu. Jsou mnohem rychlejší, ale hromadí se v nich kyselina mléčná a proto je bílá svalovina málo vytrvalá. Bílá vlákna převládají u ptáků, kteří se převážně pohybují po zemi a musí se před nepřítelem chránit prudkým vzletem do vzduchu.

Pro svalstvo ptáků je charakteristické, že létací svaly jsou umístěny v trupu a do křídel jdou pouze **vazy**.

Zvláštním samostatným svalem, neovládaným vůlí, je **sval srdeční** (*musculus cardiacus*). Tento sval se objevuje pouze v srdci. Jako svaly kosterní jsou též složeny z proužků svaloviny, ale svalové buňky jsou krátké, jednojádrové, často rozvětvené a jsou navzájem spojeny mezibuněčnými plošnými stěnami (obr.41).

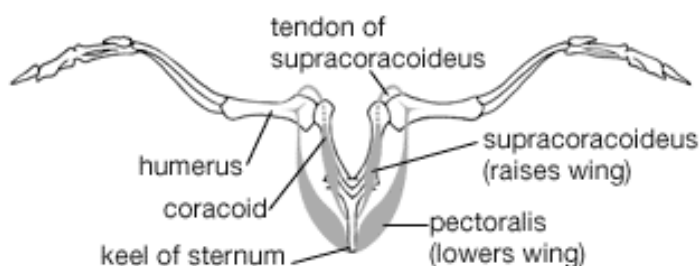


Vlny srdečních stahů vedou elektrické impulsy šířící se pomocí buněk srdečního svalu přes mezibuněčné plošné stěny.

Tyto vlny srdečních stahů jsou iniciovány nervy nebo rostoucími kontrakcemi ve svalové tkáni samotné.

Obr. 41 (Kardong, 2002)

Nejmohutnější svalovina ptáka je na prsou, která sestává ze dvou hlavních svalů, a která pohybuje křídlem (Obr.42). Hmotnost těchto svalů představuje okolo 20% celkové váhy těla ptáka. Silnější **velký prsní sval** (*musculus pectoralis maior*) stahuje křídlo směrem dolů a pod ním je na prsní kosti umístěn **hluboký prsní sval** (*musculus supracoracoideus*), jehož šlacha probíhá otvorem mezi třemi kostmi lopatkového pletence a nasedá shora na pažní kost. Tento sval je menší, tvoří asi jen desetinu hmotnosti velkého prsního svalu a zvedá křídlo nahoru, což je energeticky méně náročné (Kardong, 2002).



Supracoracoideus – hluboký prsní sval

Pectoralis – velký prsní sval

Humerus – kost pažní

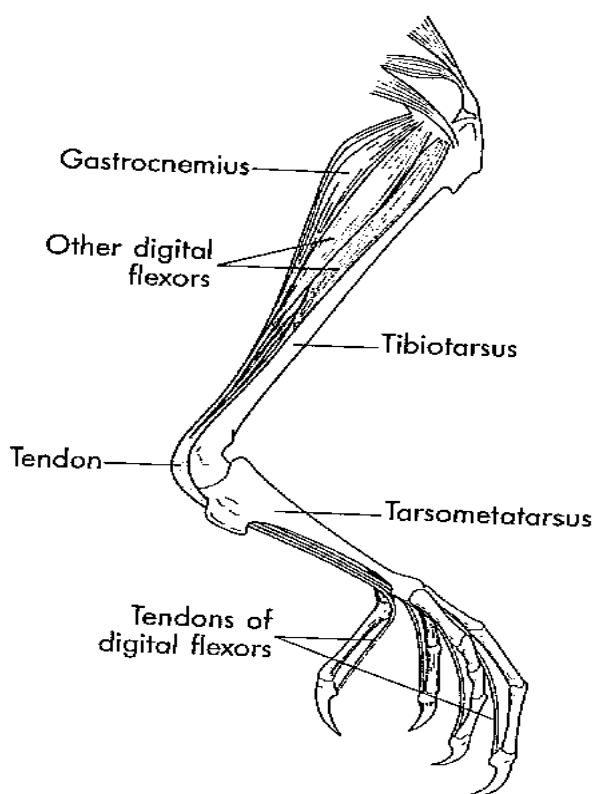
Coracoid – kost krkavčí

Keel of sternum – hřeben prsní kosti

Tendon of Supracor. – šlacha hlubokého svalu prsního

Obr. 42 (<http://www.britannica.com/EBchecked/media/44426/Pectoral-girdle-of-a-generalized-bird>)

Pozoruhodným ptačím svalem je tzv. musculus ambiens (flexor perforans), který souhrou natahovačů a ohýbačů při dosednutí na větev automaticky, neuvědoměle sevře prsty a tím při sedění a ve spánku ptáci nevynakládají žádnou svalovou práci (obr.43). Jakmile se působením tíhy těla ohnou kolenní a hleznový kloub, šlacha běžící přes tyto klouby automaticky působí na ohýbače prstů. Při odletu se pták nejprve vztyčí a natáhne nohy, aby se prsty uvolnily (Kent, 1987).



- Gastrocnemius** – dvojhlavý lýtkový sval
- Digital flexors** – šlachy natahovače prstů
- Tibiotarsus** – lýtková kost
- Tendon** - šlacha patního kloubu
- Tarsometatarsus** – běhák

Někteří ptáci mají šlachy ohýbačů opatřeny hrbolky, které po dosednutí pevně zapadnou do zářezů ve šlachovém pouzdře. Dosednutím na větev se v patním kloubu samovolně natáhne šlacha ohýbače prstů a pevně je sevře. Hmotnost těla stačí na zasunutí výrůstků na šlaše do rýh v šlachovém pouzdře. Díky tomu ptáci sedí na větvi bez svalové námahy, a to i během spánku.

Obr. 43 (Kent, 1987)

Poměrně komplikovaná je stavba a souhra **krčních svalů a svalů v oblasti hlavy**, protože hlava a zobák z velké části funkčně nahrazují přední končetiny.

Také systém **ocasních svalů**, který ovládá jeho pohyby, má svoji úlohu při letu a přistávání, kdy ocas slouží jako brzda, nebo nosná plocha.

Ptáci mají více více než 120 větších svalů.

Hlavní svaly můžeme zařadit celkem do čtyřech skupin:

- 1.) Svaly hlavy a krku - zajišťují
 - a) pohyby očí (5 svalů)
 - b) zvedání dolní čelisti (3)
 - c) klesání dolní čelisti (1)
 - d) pohyby krku (6 a více)
 - e) ovládání průdušnice a hlas. orgánu (3)
 - f) zavírání hltanu a hrtanu při polykání (6)
 - g) ovládání syrinxu (píšťala) (4)
- 2.) Svaly lopat. Pletence - zajišťují
 - a) pohyby křídla dolů (2)
 - b) zvednutí křídla (2)
 - c) potažení křídla kupředu (1 a více)
 - d) potažení křídla dozadu (1)
 - e) natahovače, ohýbače ramen. kloubu (2)
 - f) natahovače, ohýbače zápěstí (4)
 - g) ovládání špičky křídla (1)
 - h) natahovače, ohýbače prstů (5)
 - i) ovládání brků loketních letek (1)
- 3.) Svalovina trupu - zajišťuje
 - a) dýchací mezižeberní svaly (6)
 - b) funkci břišních svalů (3)

c) ovládání hrudní páteře (2)

d) pohyby ocasu (5)

e) ovládání brků ocasních per (1)

4.) Svaly pánev. Pletence - zajišťují

a) pohyb nohy vpřed a vzad (3)

b) zvedání stehna (3)

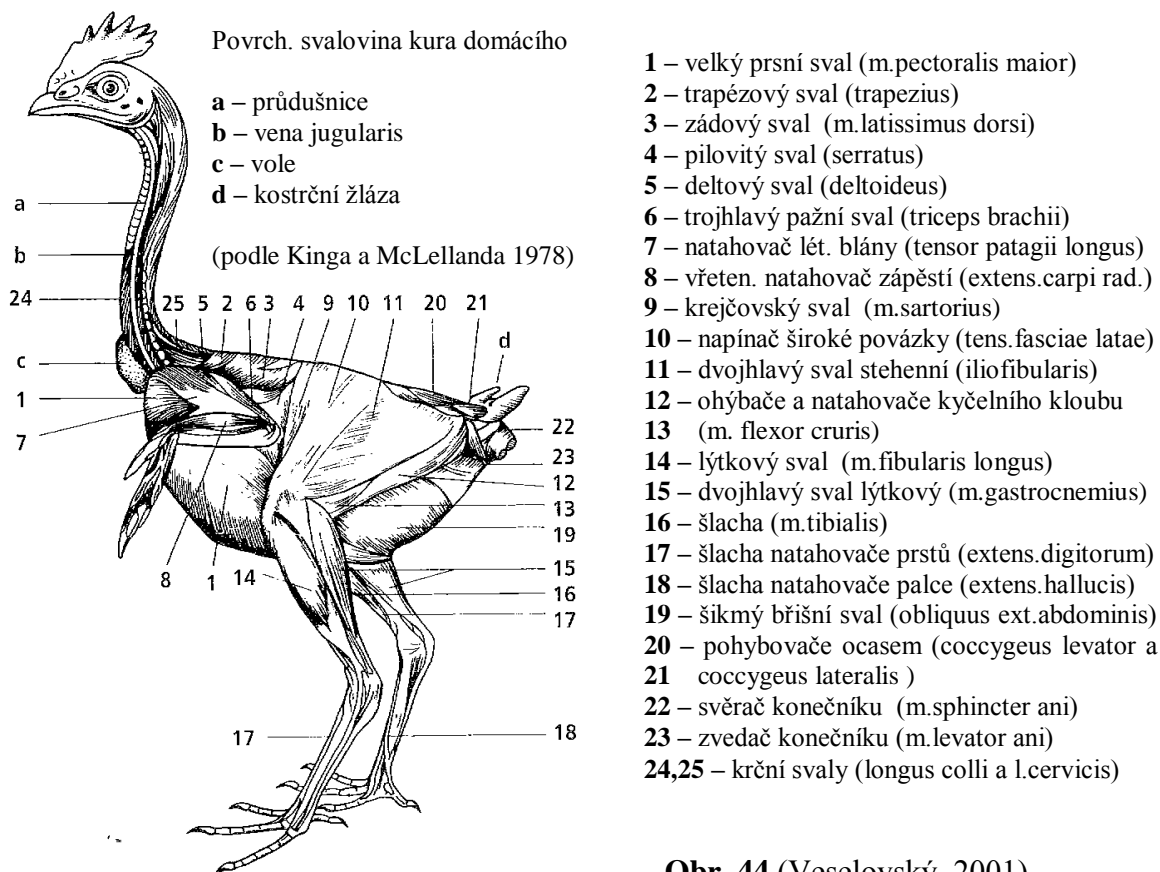
c) natahovač bérce (3)

d) potažení křídla dozadu (1)

e) natahovače, ohýbače kyčel. kloubu (2)

f) natahovače, ohýbače prstů (3)

(Veselovský, 2001)



Obr. 44 (Veselovský, 2001)

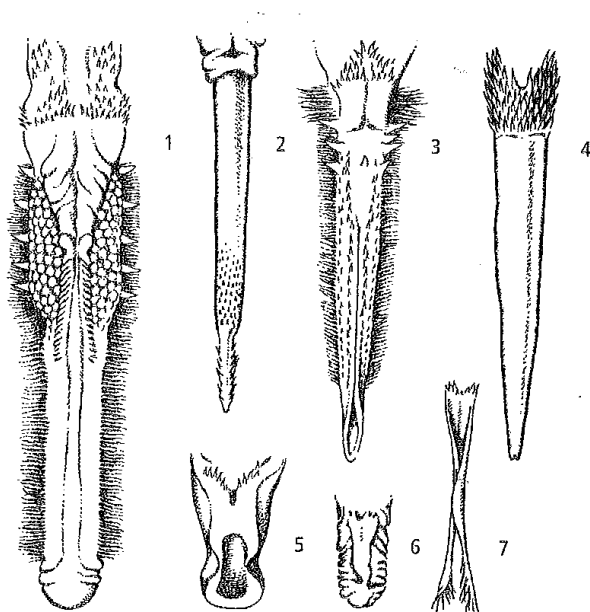
8. Trávící soustava

Trávící soustava ptáků začíná zobákem ohraničenou **ústní dutinou**. Jak jsme se již dříve zmínili, čelisti jsou bezzubé a podle tvaru zobáku lze poznat způsob výživy jednotlivých ptačích rodů. Rohovité okraje zobáku jsou někdy velmi ostré, nebo mají pilovitý tvar pro snadnější zachycení potravy.

Ptáci nemají měkké patro, bývá rohovité, zejména u ptáků živících se semeny. Dutinu ústní spojuje s dutinou nosní štěrbinou vnitřních nozder v patře ve tvaru trojúhelníka (*choan*). Za ní je na patře další štěrbinu, do níž ze středního ucha ústí Eustachova trubice, která zde slouží k vyrovnávání tlaku a jejíž stěny jsou pokryty lymfatickými buňkami, které vytváří mízní uzliny (mandle).

Do dutiny ústní vede několik párových slinných žláz, zvlhčujících potravu. U vodních ptáků jsou tyto žlázy nevyvinuté, na rozdíl od ptáků, kteří pomocí slinného sekretu lepí svá hnízda (např. vlaštovky, rorýsy atd.) (Zicháček, 1995).

V dutině ústní se dále nachází nepříliš svalnatý jazyk, který v pohybu podporuje jazyk. Součástí jazyka je rozsáhlá síť nervových zakončení, která nejen řídí pohyby jazyka, ale jsou zde i smyslové vjemy, zejména chuťové či hmatové buňky.



Jazyky různých druhů ptáků:

- 1 – vrubozobí (anseriformes), čírka
- 2 – šplhavci (piciformes), strakapoud
- 3 – vrubozobí, morčák prostřední
- 4 – potáplice (gaviiformes), potápka
- 5 – papoušci (psittaciformes), kakadu
- 6 – veslonoží (pelecaniformes), kormorán
- 7 – svišťouni (apodiformes), kolibřík

Obr. 45 (Veselovský, 2001)

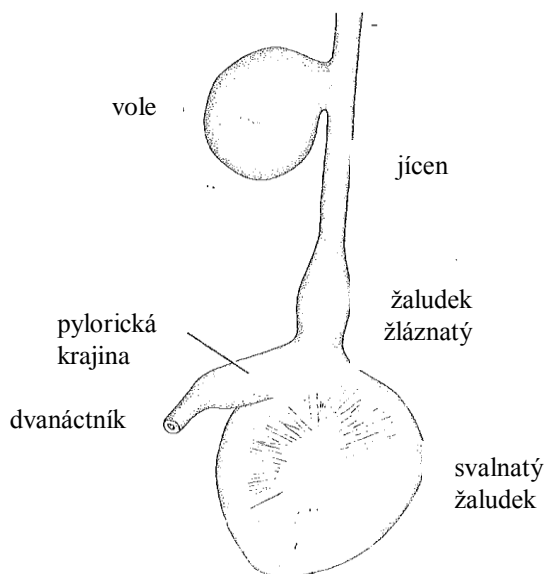
Hltan (*pharynx*) je poměrně krátký a přechází do **jícnu** (*oesophagus*), který má větší průměr než u savců a v části krku probíhá vpravo, a který je před vstupem do dutiny hrudní rozšířen ve **vakovité vole** (*ingluvies*), sloužící jako zásobárna potravy a k jejímu změkčení (obr.46). V době rozmnožování se ve voleti některých druhů ptáků (holubi, plameňáci) tvoří pomocí hormonu prolaktin sýrovitá látka, která je složením podobná mléku savců, a kterou pak holubi krmí svá mláďata.

Dále následuje **žaludek** rozdělený na dvě části (obr.47). V první tenkostěnné části žaludku je potrava intenzivně chemicky zpracována. Tato část se nazývá **žaludek žláznatý** (*proventriculus*), který se vyvinul jako samostatný oddíl jícnu. Druhá silnostěnná část doslova nahrazuje ptákům zuby a slouží pro mechanické zpracování natrávené potravy. Silné svaly drtí potravu jako mlýnek, tlak svalů je tak silný, že ptáci rozdrtí v žaludku i velmi tvrdé části, např. skleněné kuličky, nebo spolknuté hřebíky stočí do klubíčka. Ptáci zde mívají i drobné kaménky a zrnka písku, která pomáhají potravu drtit.

V této části žaludku se také oddělují, zejména u masožravých ptáků, nestravitelné zbytky potravy (krunýře kosti, chlupy), které jsou pak vyvrženy ve válcovitých útvarech. Tato druhá část se nazývá **žaludek svalnatý** (*ventriculus*) a vývojově odpovídá žaludku plazů i savců. Vnitřek žaludku je zejména u zrnožravých ptáků pokryt velmi tvrdou slupkou, která je tvořena chemickou sloučeninou bílkovin a cukrů (*koilin*). Tato výstelka žaludku se periodicky obměňuje (Gaisler, 2007).

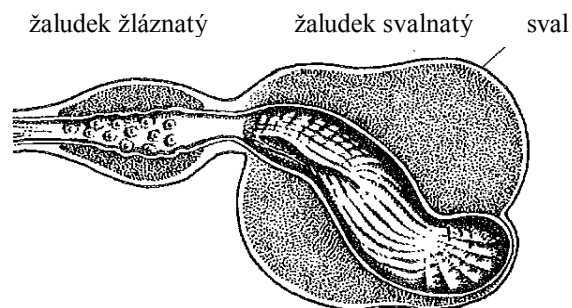
Vodní ptáci mají ještě patrnou třetí žaludeční komoru ve vrátníkové oblasti (*pylorus*), která slouží jako síto.

Naopak jen nepatrnou vychlípeninu místo žaludku mají ptáci živící se převážně nektarovými šťávami, které odtékají přímo do dvanáctníku (duodenum)



Obr. 46 (Kent, 1987)

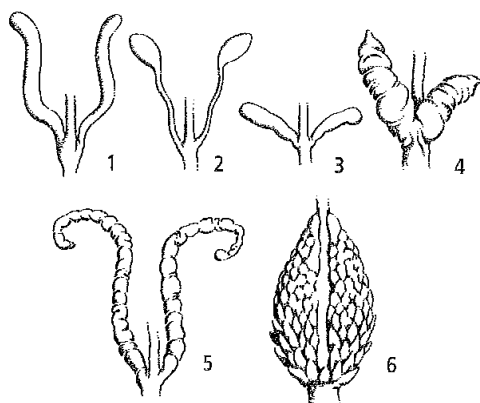
Žaludek je přizpůsoben k drčení semen a jiných tvrdých částí potravy. Mohutné svaly drtí potravu jako mlýnek.



Obr. 47 (Veselovský, 2001)

Holubi, papoušci a pštrosi nemají **žlučník**, na rozdíl od ostatních ptáků.

Slinivka břišní (*pancreas*) a velká **dvoulaločná játra** (*hepar*) ústí do krátkého nerozlišeného **střeva** (*ileum*), ve kterém probíhají vlastní trávicí procesy. Před konečníkem mají ptáci vychlípená **dvě slepá střeva** (*caeca*) (obr.48), zajišťující potřebnou bakteriální mikroflóru a produkci některých vitamínů. Slepá střeva mají samostatné svěrače, vyprazdňují se méně často a výměšek je téměř černý (Gaisler, 2007).



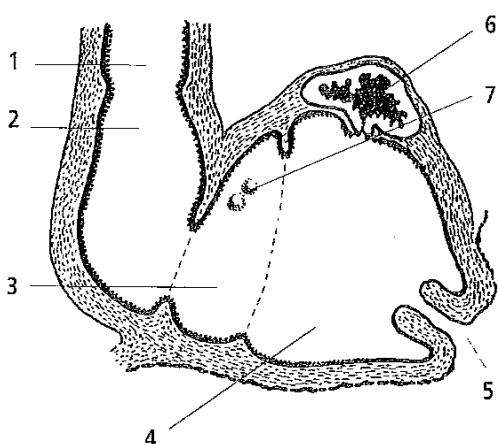
Slepá střeva různých druhů ptáků:

- 1 – kukačka
- 2 – sova
- 3 – holub
- 4 – hoacin (páchnoucí, drápy na křídlech)
- 5 – pštros
- 6 – tinama (běžec, neschopný letu)

Obr. 48 (Veselovský, 2001)

Trávicí trubice je zakončena **kloakou** (obr.49), která je rozdělena do tří částí, které jsou odděleny okružními řasami.

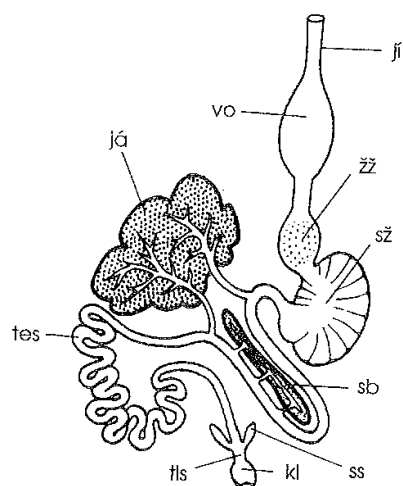
První část (*coprodæum*) má vakovitý tvar a zde se usazují výkaly. Do druhé prostřední části (*urodæum*) vedou párové **močovody** (ureter) a vývody **pohlavních žláz**. Poslední část (*proctodæum*) je uzavřena okružním řitním svalem a kloaka je ukončena uzavíratelným svěračem (*anus*). V kloace se z výkalů ještě odčerpá voda a některé minerální látky. Výkaly vychází z kloaky společně s močí (Papáček, 2000).



Řez ptačí kloakou

- 1 – konečník
- 2 – coprodæum
- 3 – urodæum
- 4 – proctodæum
- 5 – řiť se svěračem
- 6 – bursa Fabricii (lymfat.orgán-imunita)
- 7 – vyústění močovodu a pohlavních žláz

Obr. 49 (Veselovský, 2001)



Trávicí soustava ptáků (holub)

- jí – jícen (oesophagus)
- vo – vole (ingluvies)
- já – játra (hepar)
- žž – žláznatý žaludek (proventriculus)
- sž – svalnatý žaludek (ventriculus)
- tes- tenké střevo (ileum)
- ss – slepé střevo (caeca)
- fls- tlusté střevo
- kl – kloaka
- sb – slinivka břišní (pancreas)

Obr. 50 (Papáček, 2000)

9. Vylučovací soustava

Vylučovací, nebo také vyměšovací soustava představuje u ptáků v podstatě tři procesy odstraňování nepotřebných látek z těla.

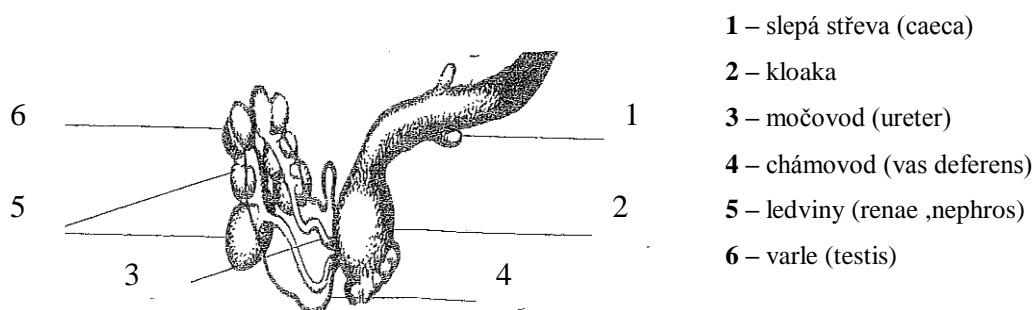
O prvním procesu **defekace** (kálení) jsme se již zmínili v předchozí části. Jedná se o pevné, nestravitelné výměšky (trus), které společně s hustou kašovitou močí vychází z kloaky.

Druhým procesem je vlastně **dýchání**, kdy se z těla vylučují plyny, zejména oxid uhličitý.

Posledním třetím procesem je **odstraňování látek rozpustných ve vodě**. K tomu slouží **párové ledviny** (*renae, nephros*), které mají protáhlý tvar, jsou ploché a rozdělené do tří, resp. čtyř laloků. Ledviny jsou uloženy v pánevní části synsacra, v prohlubních podál páteře.

Mají temně červenou barvu a odstraňují dusíkaté zplodiny v podobě kyseliny močové.

Každý lalok ledvin má samostatný vývod ústící do prostřední části kloaky (*urodaeum*), kam je moč těmito **močovody** (*ureter*) přímo odváděna a zahušťována (obr.51), aby posléze byla vyloučena jako bělavý povlak na kašovitém trusu.

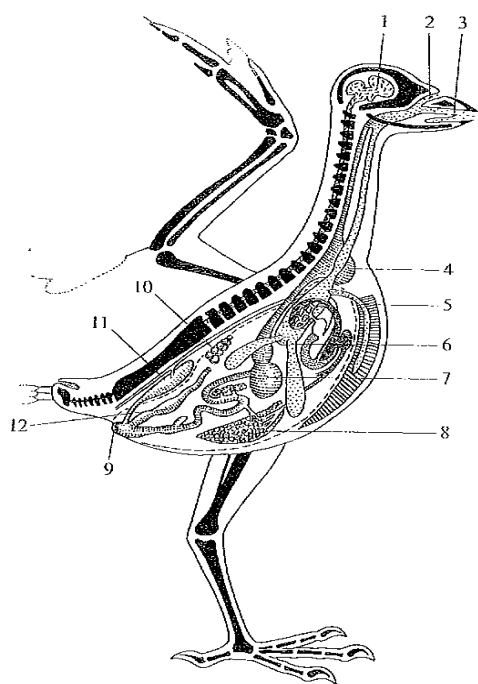


Obr. 51 (Veselovský, 2001)

Vylučování probíhá pomocí nefronů složených z ledvinových kanálků a změtí krevních vlásečnic (*glomeruly*), kde se vstřebávají některé soli, cukry a aminokyseliny, tedy důležité výživové látky pro tělo.

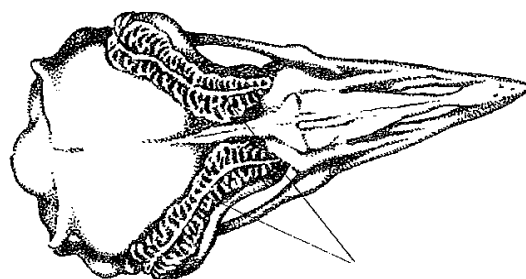
Kromě této funkce dochází v ledvinách ještě ke zpětné resorpci vody. Tento způsob vyměšování šetří potřebné množství vody, je dokázáno, že k vyloučení asi 370ml kyseliny močové spotřebují ptáci pouze 0,5ml vody, což je asi 40x méně než je tomu u savců.

Avšak na rozdíl od savců nejsou ledviny ptáků příliš výkonné, zejména při vylučování chloridu sodného (NaCl), neboť Henleovy kličky ledvin ptáků (odčerpávají z prvotní moče molekuly vody) jsou mnohem kratší. Z tohoto důvodu například mořští rackové, alky, nebo kachny mají ještě vylučovací nosní žlázy v prohlubeninách kostí nad očnicemi, ústící na každé straně do nosní dutiny (obr.53). Koncentrovaný roztok soli pak přes špičku zobáku odkapává ven (Smrž a kol., 2004; Sauer, 1996).



Obr. 52 (Smrž, Horáček, Švátora, 2004)

- 1 – mozek
- 2 – nozdry
- 3 – ústní dutina
- 4 – vole (ingluvies)
- 5 – prsní sval (pectoralis maior)
- 6 – plíce se vzdušnými vaky
- 7 – žaludek
- 8 – játra
- 9 – kloaka
- 10 – vaječníky
- 11 – ledvina
- 12 - vejcovod



Nosní žlázy
mořských ptáků

Obr. 53 (Veselovský, 2001)

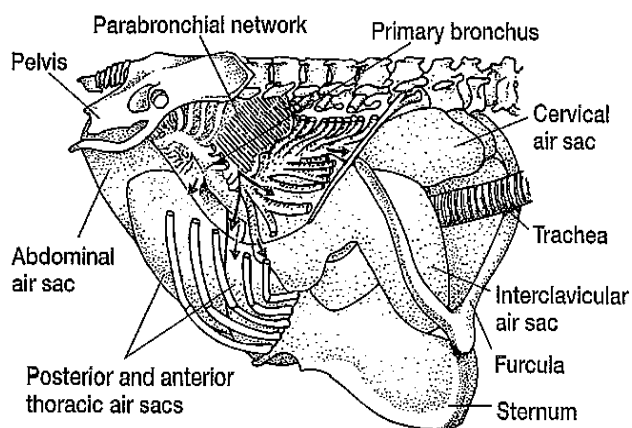
10. Dýchací soustava

Dýchací systém ptáků je nejen ojedinělý, ale také nejvýkonnější ze všech obratlovců. Postupným vývojem se snižovala velikost a hmotnost plic a vzhledem k opeření odpadla možnost částečného kožního dýchání.

Plíce ptáků jsou ploché a pevné, nemají plicní sklípky a nejsou členěné na laloky. Mají čtyřúhelníkový tvar a při dýchání prakticky nemění svůj objem. Plíce jsou připojené ke stropu tělní dutiny, k páteři a žebrům, která se poměrně hluboce do plic zařezávají.

Ptákům chybí rovněž bránice, která u ostatních obratlovců odděluje břišní dutinu od hrudní.

Systém vzdušných cév (*bronchiol*) umožňuje ptákům dýchat i ve velkých výškách s nízkým obsahem kyslíku.



Plíce a vzdušné vaky v tělní dutině mezi prsní kostí a osou páteře:

Trachea – průdušnice

Furcula – vidlice klíční kosti

Sternum – prsní kost

Cervical air sac – krční vzd.vak

Interclavicular a.s. – meziklíčkový vak

Posterior, anterior thoracic air sacs – předohrudní, zadohrudní vzd.vaky

Abdominal a.s. – břišní vzd.vak

Pelvis – pánevní kost

Parabronchial network – parabronchy

Primary bronchus – primární průduška

Obr. 54 (Kent, 1987)

Vdechovaný vzduch vchází nosními dutinami (nozdrami) v zobáku, kde zároveň dochází k jeho filtraci a ohřátí. Ptáci mohou rovněž dýchat přímo poměrně dlouhou **průdušnicí** (*trachea*) při otevřeném zobáku, přes **hrtan** (*larynx*) s uzavíratelnou záklopkou (*glottis*). Vzhledem k tomu, že zde ptáci nemají hlasové vazy, využívají štěrbinu hrtanu pouze k syčení. Průdušnice je zpevněná chrupavčitými kroužky a u některých druhů ptáků (labuť, jeřábí) je výrazně prodloužena. V průměru bývá průdušnice ptáků zhruba 4x delší než u srovnatelných savců.

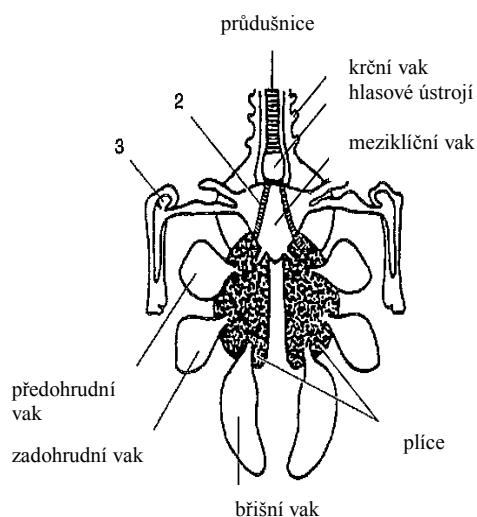
Na dolním konci průdušnice následuje její **rozdvojení** (*bifurkace*) na pravou a levou krátkou **průdušku** (*bronchus*), která vstupuje do plic a dále se dělí v plicní tkáni. V místě rozdvojení průdušnice je uložen **hlasový orgán** ptáků (*syrinx*), tvořený blánami, které bývají rozkmitány vzduchem vyraženým z plic.

U ptáků rozlišujeme 3 typy průdušek. První průdušky jsou uloženy mimo plicní tkáň. Druhým typem jsou průdušky, které se po vstupu do plicní tkáně dělí do 4 paprsků, rozbíhajících se do stran. Každý z těchto čtyř paprsků se dále větví na třetí typ - mnohačetné úzké trubičky - **parabronchy**. V parabronchu dochází k výměně dýchacích plynů (kyslík, oxid uhličitý). Vnitřní stěny jsou opatřeny bohatě prokrvenou dýchací výstelkou (*epitelem*), pod níž se nachází síť svalových buněk, které zmenšují a zvětšují průměr parabronchů (Kent, 1987).

Jak již bylo řečeno, plíce ptáků nemění svůj objem, jsou prakticky nepohyblivé a jejich ventilaci zajišťují obvykle párové **plicní vaky**. Vzhledem k tomu, že se některé páry vaků spojují, nebo srůstají, může jejich počet kolísat zhruba od 7 vaků (pěvci) až po 12 vaků (bahňáci). Obecně lze říci, že na krku je pár **krčních vzdušných vaků** (*sacci cervicales*), dále **meziklíčkový velký vak** (*saccus clavicularis*), který obvykle bývá nepárový a nachází se mezi klíčními kostmi, poté v hrudní dutině je opět pár **předohrudních vaků** (*sacci praethoracales*) a za nimi pár **zadohrudních vaků** (*sacci postthoracales*).

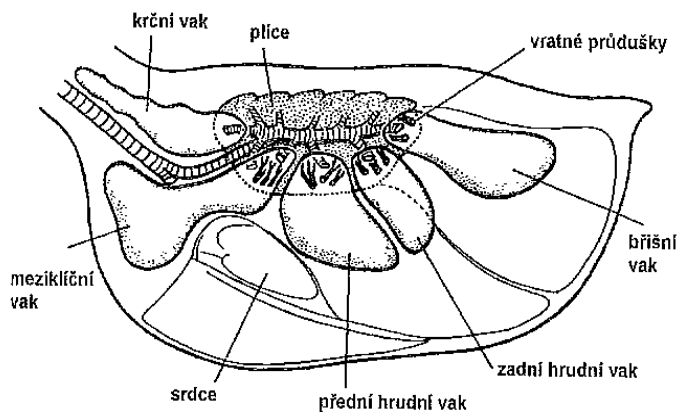
Dva nejmohutnější **břišní vaky** (*sacci abdominales*) se nachází v dutině břišní.

(Gaisler, 2007)



Obr. 55 (<http://absolventi.gymcheb.cz/2009/jadrsmi/smysly.html>)

Schema ptačího dýchacího ústrojí – pozice plicních vaků a jejich vztah k plicím (Romer a Parsons 1977)



Obr. 56 (Roček, 2002)

Nespornou funkcí vzdušných vaků je rovněž termoregulace. Proudící vzduch ve vacích tělo ochlazuje a tím zabraňuje přehřátí zejména v době, kdy se pták nemůže bránit slunečnímu záření, například při sezení na vejcích. Na druhé straně vaky ale také tělo ptáka tepelně izolují.

U potápek vzdušné vaky tlumí nárazy na vodní hladinu při střemhlavém potápění, nebo u jiných druhů (např. holubi) nadouváním a vyrážením vzduchu rezonují a mění frekvence vydávaných zvuků.

Vzdušné vaky mají přímé spojení s plicemi a dále jsou, s výjimkou krčních vaků, propojeny na třech až pěti **vakovými průduškami** (*bronchi recurrentes*), které usnadňují průtok vzduchu (Gaisler, 2007).

Vzdušné vaky můžeme rozdělit na dvě skupiny podle toho, jakým vzduchem jsou plněny.

Čerstvý vdechovaný vzduch bohatý na kyslík proudí přes původní plíce (*paleopulmo*) a plní zadohrudní a břišní vaky a z nich dále proudí do tzv. nové části plic (*neopulmo*), kde dochází k dalšímu odčerpání kyslíku. Vzduch chudý na kyslík pak plní předohrudní, meziklíčkový a krční vak a stahy je vytlačen do průdušnice a ven.

Plíce umístěné v hřbetní části hrudní

dutiny a vzdušné vaky v tělní dutině:

Mesobronchus – střední průduška

Lung – plíce

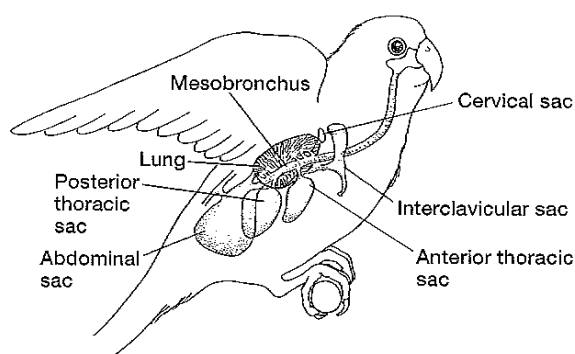
Posterior thoracic sac – předohrudní vak

Anterior thoracic sac – zadohrudní vak

Cervical air sac – krční vzd.vak

Abdominal sac – břišní vak

Interclavicular sac – meziklíčkový vak



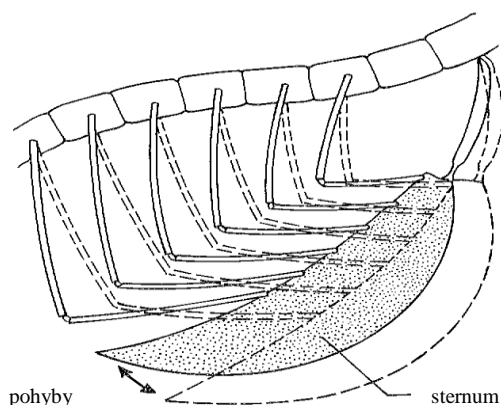
Obr. 57 (Kardong, 2002)

Frekvence dýchání je u různých druhů ptáků diametrálně odlišná. Například pštrosi v klidu dýchají 2x až 3x za minutu, menší ptáci zhruba 100x a kolibříci 200-300x za minutu. Při letu se frekvence vzroste průměrně 12x, naopak při velmi chladném počasí, nebo při nedostatku potravy někteří ptáci upadají do letargického stavu (*torpor*) a dech se zpomalí na 5 až 6 dechů za hodinu (Hudec, 1977).

Při mávavém letu se počet tepů a dechů prakticky sjednocuje s pohybem křídel.

Sedící pták při dýchání rozšiřuje hrudník poklesem prsní kosti (obr.58), který je dán i tíhou létací svaloviny. Prsní kost odtlačí mezižeberní svaly, které zvětšují úhel mezi dvěma částmi žeber.

Při dýchání se pravidelně smršťuje a roztahuje také srostlé klíční kosti (*furcula*).



Pohyb sterna (prsni kosti), vyznačený šipkou, tlačuje vzdušné vaky a tím vyháňá vzduch.

Jednotlivá žebra jsou pohyblivá přes kloubní spojení.

Čárkovaně je vyznačená změna polohy.

Obr. 58 (Kardong, 2002)

Suchozemští ptáci obvykle při dýchání tedy rozšiřují hrudník odtlačováním prsní kosti (*sternum*), na rozdíl od ptáků vodních, kteří zvedají pánev a hřbetní páteř. Při plachtění ale ptáci dýchají shodně jako ptáci plovoucí, tedy rovněž zvedají hrudní páteř.

Vzhledem k tomu mají suchozemští ptáci silnější svaly, které rozšiřují hrudník při vdechu, kdežto ptáci vodní mají silnější svaly, které stahují hrudník při výdechu.

Ptačí organismus je velmi citlivý na oxid uhličitý, který je při dýchání odstraňován z těla plícemi, tedy lze říci, že i plíce patří mezi jakési vyměšovací orgány (Kardong, 2002).

11. Oběhová soustava

Ptáci mají dokonale vyvinutou **cévní soustavu**, aby při aktivním pohybu docházelo k dostatečnému zásobení svalů kyslíkem a potřebnými živinami, a dále k důslednému odstraňování odpadních látek, zejména oxidu uhličitého.

Svoji anatomickou stavbou se cévní soustava ptáků podobá soustavě savců a plazů, ale na rozdíl od nich mají ptáci zachovaný pouze pravý aortální oblouk a stejně jako plazi je vyvinutý ledvinový vrátnicový oběh, který u savců chybí.

Pomocí krevního oběhu se v těle šíří nezbytné regulační látky – hormony.

Relativně k poměru hmotnosti těla mají ptáci největší **srdce** ze všech obratlovců, dosahuje až 20% celkové hmotnosti, vzhledem ke své mimořádné pohybové aktivitě.

Také aktivně řízená stálá **tělesná teplota** ptáků je oproti ostatním obratlovcům vysoká.

Tato teplota se pohybuje v rozmezí od 40 do 44°C a k jejímu udržení výrazně přispívají tepelně izolační vlastnosti prachového peří.

Ptáci mají absolutně nejvyšší **krevní tlak**, který dosahuje hodnoty až 200mmHg, krocani dokonce při systole (srdeční stah) dosahují až 400mmHg a rovněž **tepová frekvence** je vysoká, pohybuje se obvykle v hodnotách 200 až 600 tepů za minutu.

Vysoký krevní tlak u ptáků často způsobuje například při stresu, nebo úleku, prasknutí aorty.

Proto třeba vodní ptáci již po 6 sekundách pod vodou výrazně snižují tlak (*bradykardie*), v nozdrách mají speciální receptory, které vyvolají přerušování dechu po styku s vodou (Sauer, 1996; Bruckner, Procházka, 1997).

Cévní soustavu ptáků tvoří uzavřený krevní oběh s dokonale oddělenou pravou a levou polovinou čtyřkomorového srdce. **Srdce** představuje silný dutý sval zajišťující plynulý oběh krve v celém organismu. Čerstvě okysličená krev se tedy nemísí s krví odkysličenou, levá polovina srdce pracuje s krví okysličenou v plicích, zatímco pravá polovina přijímá z těla odkysličenou krev.

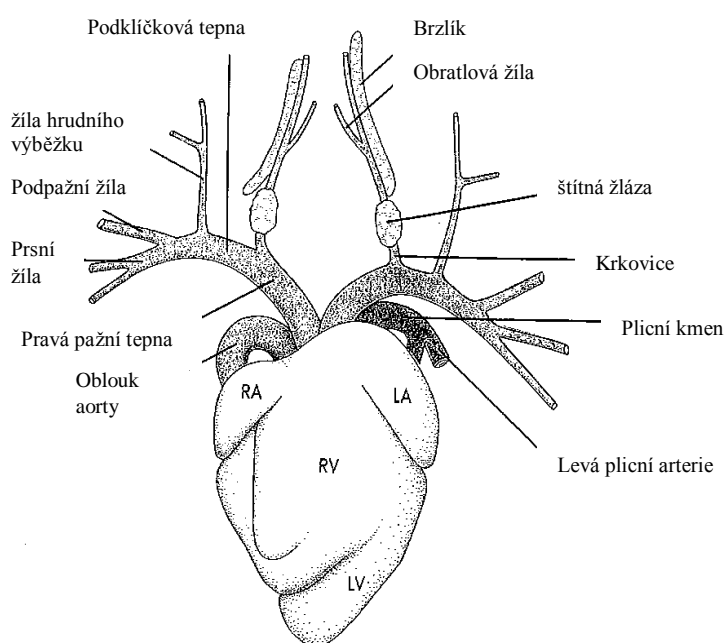
Srdce ptáků má kuželovitý tvar, širším koncem mířícím k hlavě a je uloženo uprostřed těla.

Široká prsní kost velmi dobře chrání srdce před vnějšími nárazy. Spodní hrot srdce zasahuje až mezi oba laloky jater a někdy bývá i částečně odtlačován svalnatou částí žaludku.

Nejsilnější svalovinu má **levá srdeční komora**, naopak nejslabší mají obě **předsíně**. Horní dutou žílou (*vena cava cranialis – superior*) a dolní dutou žílou (*vena cava caudalis – inferior*) přitéká krev z těla do pravé předsíně a otevřenou chlopní, kterou u ptáků tvoří

pouze svalovinová přepážka místo trojcípé chlopně, dále do **pravé komory**. Stahem pravé komory

je krev vytlačena plicní tepnou (*arteriae pulmonalis*) do plic, kde dochází k jejímu okysličení. Plicními žilami (*venae pulmonales*) se okysličená krev vrací do levé předsíně a přes dvojcípou chlopně do levé komory. Silným stahem levé komory okysličená krev proudí **srdečnicí** (*aorta*) do celého těla.



Srdce a přilehlé tepen. oblouky

RA – pravá předsíň (right atria)

LA – levá předsíň (left atria)

RV – pravá komora (right ventricle)

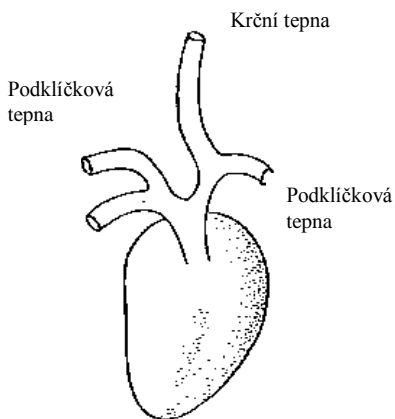
LV – levá komora (left ventricle)

Obr. 59 (Kent, 1987)

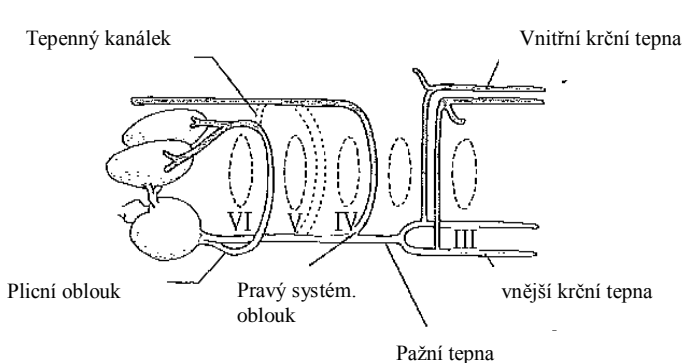
Srdečnice - aorta je opatřena drobnými chlopně, které zabraňují zpětnému toku krve. Obdobně je vybavena i plicní arterie.

Z aorty vychází **levá podklíčková tepna** (*arteria subclavia sinistra*) a levá společná krkovice (*arteria karotis communis*), jejíž větve jsou u mnoha ptáků propojeny početnými cévními spojkami (*anastomosae*), které umožňují prudké otáčení hlavy, aniž by mohlo dojít k zablokování průtoku krve.

Aortální oblouky srdce ptáka



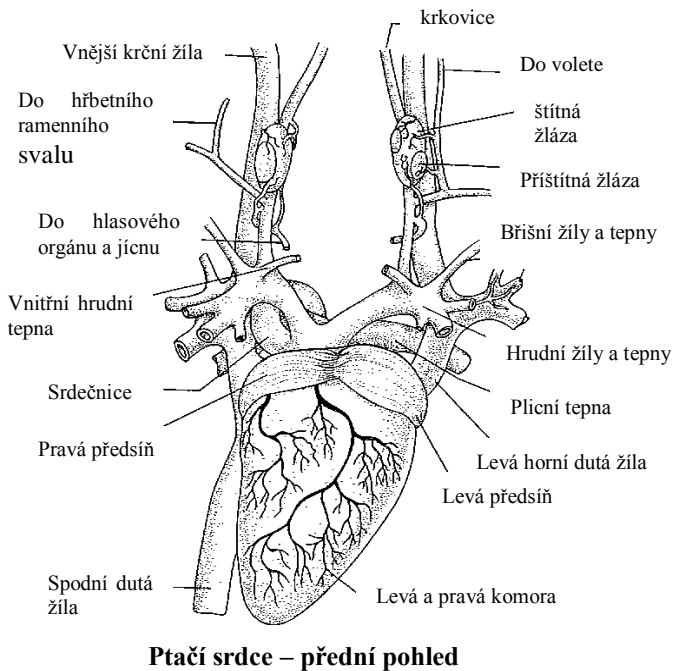
Šestiobloukový aortální model embryonálního plodu



Obr. 60 + Obr. 61 (Kardong, 2002)

Mozek je zásobován levou a **pravou podklíčkovou tepnou** (*arteria subclavia dextra*), které vstupují do lebky týlním otvorem (Gaisler, 2007).

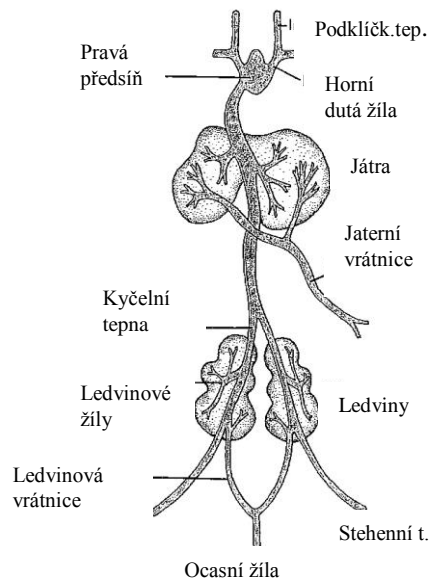
Dolní končetiny jsou zásobovány silnými stehenními tepnami (*arteria femoralis*). Dalšími větvemi aorty jsou zásobovány ledviny, vaječníky, varlata, tenké a tlusté střevo.



Ptačí srdce – přední pohled

Obr. 62 (Kardong, 2002)

Hlavní žilní systém ptáků



Obr. 63 (Kent, 1987)

Do zadní duté žíly ústí přívodná žíla (*vena coccygomesenterica*), která střídá několikrát průchod krve játry a ledvinami pomocí vrátničních žil. Tento způsob je nejen důležitý pro transport a tvorbu glykogenu (krevní cukr) a bílkovin, ale i pro zpracování tuků a pro odstraňování škodlivých látek z krve.

Srdce je uloženo v osrdečníku (perikard), který je naplněný žlutavou tekutinou. Má vlastní převodní systém, pracuje nezávisle na vůli svého nositele.

Podněty k rytmickým stahům (*systola*) a ochabnutím (*diastola*) jsou dány elektrickými impulzy, vznikajícími přesuny iontů draslíku a sodíku v buňkách sinusového uzlíku, který se nachází v pravé předsíni, v místě vstupu duté žíly.

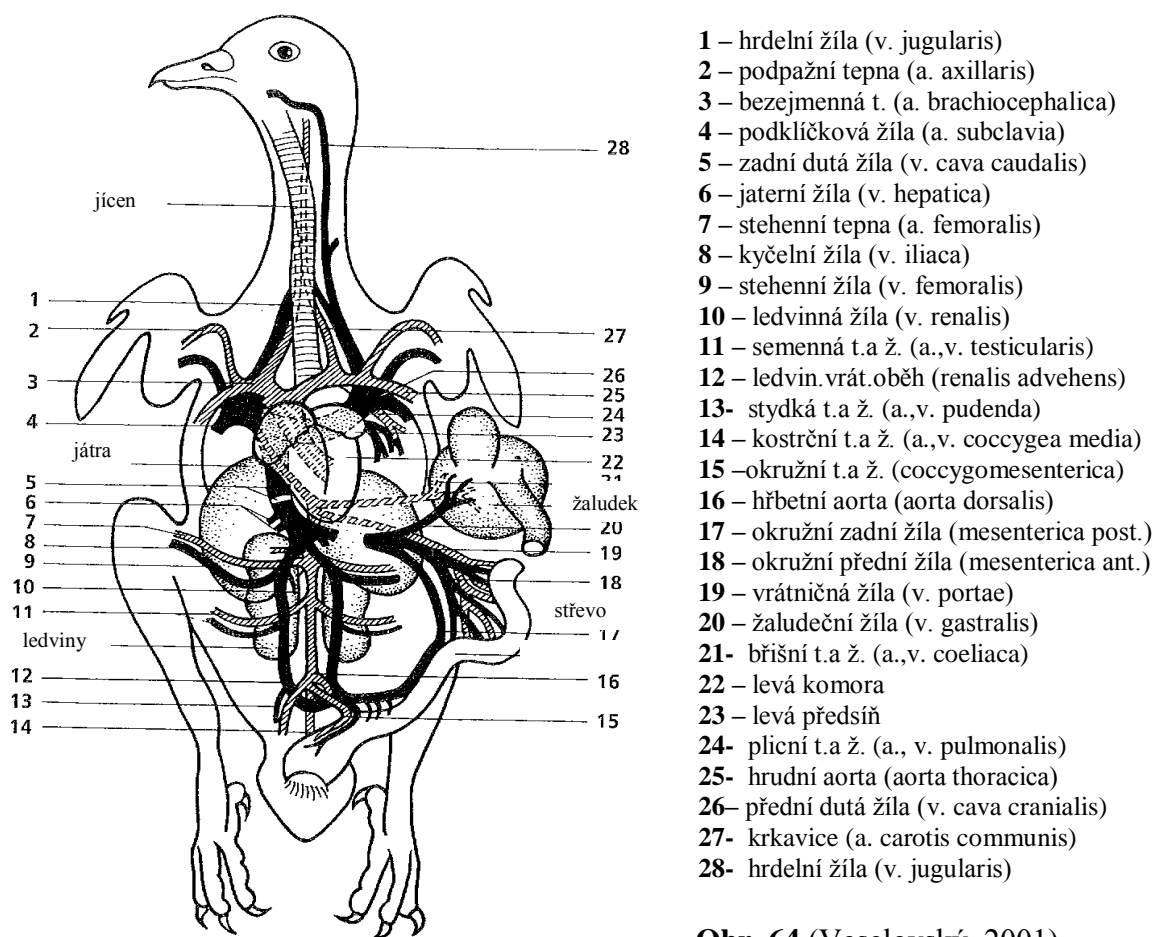
Šíření elektrických potenciálů způsobuje postupné stahy svaloviny předsíni a komor. Akční potenciály srdce se šíří i na povrch těla a je možné zaznamenat tyto vzruchy na elektrokardiogramu.

Zvýšení tepové frekvence (tachykardie) se děje pomocí přenašečů noradrenalinu (*sympaticus*), naopak její snížení (bradykardie) přenašeči acetylcholinu (*parasympaticus*).

V krevním oběhu kolísá množství krve u jednotlivých druhů ptáků od 3% do 13% tělesné hmotnosti. Objem krve nelze změřit pouze prostým vykrvením, neboť takto získáme pouze asi 50% celkového množství. Další zhruba polovina množství krve zůstává v kapilárách, žilných splavech a dalších cévách.

Krev se skládá z krevních elementů (buněk) a krevní plazmy. Krevní buňky tvoří **červené krvinky** (*erythrocyty*) a **bílé krvinky** (*trombocyty*). Plazma je tekutá složka krve, ve které jsou kromě organických a anorganických látek rozptýleny krevní buňky.

Podíl krevní plazmy a krvinek je zhruba 55% ku 45%. Tento podíl se pochopitelně liší u mladých a dospělých ptáků, nebo u samců a samic. Objemový podíl krvinek, tedy krevních buněk – hematokrit – se zjišťuje odstředěním sloupce nesrážlivé krve.



- 1 – hrdelní žíla (v. jugularis)
- 2 – podpažní tepna (a. axillaris)
- 3 – bezejmenná t. (a. brachiocephalica)
- 4 – podklíčková žíla (a. subclavia)
- 5 – zadní dutá žíla (v. cava caudalis)
- 6 – jaterní žíla (v. hepatica)
- 7 – stehenní tepna (a. femoralis)
- 8 – kyčelní žíla (v. iliaca)
- 9 – stehenní žíla (v. femoralis)
- 10 – ledvinná žíla (v. renalis)
- 11 – semenná t.a ž. (a.,v. testicularis)
- 12 – ledvin.vrát.oběh (renalis advehens)
- 13- stydká t.a ž. (a.,v. pudenda)
- 14 – kostrční t.a ž. (a.,v. coccygea media)
- 15 –okružní t.a ž. (coccygomesenterica)
- 16 – hřbetní aorta (aorta dorsalis)
- 17 – okružní zadní žíla (mesenterica post.)
- 18 – okružní přední žíla (mesenterica ant.)
- 19 – vrátničná žíla (v. portae)
- 20 – žaludeční žíla (v. gastralis)
- 21- břišní t.a ž. (a.,v. coeliaca)
- 22 – levá komora
- 23 – levá předsíň
- 24- plicní t.a ž. (a., v. pulmonalis)
- 25- hrudní aorta (aorta thoracica)
- 26– přední dutá žíla (v. cava cranialis)
- 27- krkavice (a. carotis communis)
- 28- hrdelní žíla (v. jugularis)

Obr. 64 (Veselovský, 2001)

Ptačí červené krvinky – **erythrocyty** – mají oválný tvar a na rozdíl od krvinek savců jsou větší a mají **buněčné jádro**, které je na obou stranách výrazně vypuklé. Červené krvinky ptáků mají poměrně malou životnost, v průměru asi 30 dnů (např. u člověka je to až 120 dnů), což může být způsobeno vysokou látkovou výměnou. K odbourávání starých červených krvinek dochází zejména v kulovité ptačí slezině.

Důležitou součástí krevní plazmy erythrocytu je **hemoglobin** (červené krevní barvivo), jehož stavba je podobná jako u savců. Čtyři bílkovinné řetězce na sebe váží barevnou část (hem) s obsahem železa. Každý atom železa váže molekulu kyslíku a tak jedna okysličená molekula hemoglobinu přenáší čtyři molekuly kyslíku.

Ještě větší množství kyslíku dokáže vázat pozměněná stavba hemoglobinu vodních ptáků, kteří se potápí na delší dobu, a nebo též vysokohorských ptáků, létajících ve výškách až 10 000 m, kde je parciální tlak kyslíku velmi nízký a z hlediska množství na úrovni hladiny moře je v poměru asi dvacetiprocentní.

Bílé krvinky – **trombocyty** – tvoří se ve slezině a můžeme je rozdělit na T a B-lymfocyty, monocyty a granulocyty.

Lymfocyty jsou v krvi nejvíce zastoupeny a jejich buňky mají velké jádro, které často vyplňuje prakticky celou buňku. Lymfocyty dozrávají v brzlíku a ve Fabriciově kapse (váček na horní stěně kloaky), která se vyskytuje u mladých ptáků a funguje jako druhotný brzlík.

Lymfocyty produkují obranné protilátky k odstranění cizorodých bílkovinných látek z organismu. T-lymfocyty udržují buněčnou imunitu, zatímco B-lymfocyty humorální imunitu (detekují a odstraňují antigeny).

Monocyty mají menší jádro a pohlcují choroboplodné zárodky (fagocytóza) při infekcích. Jejich počet jednorázově dramaticky vzrůstá při vzniklé infekci.

Granulocyty se výrazně liší od lymfocytů a monocytů tím, že v buněčné plazmě mají zrníčka.

Také tento typ bílých krvinek odstraňuje infekční choroboplodné zárodky z organismu a jejich počet se v těchto případech výrazně zvyšuje (Reece, 2011).

12. Nervová a smyslová soustava

Během dlouhého vývoje ptáků se vytvořil dokonalý a účinný **nervový a smyslový systém**, který společně s **hormonální (humorální) regulací** řídí smyslové vnímání, kontrolu pohybu a regulaci tělesných funkcí.

Centrální nervový systém zpracovává smyslové informace, velmi rychle zpracovává tyto podněty a signály, a elektrickými potenciály vysílá povely určitým orgánovým skupinám k požadovaným reakcím.

Kromě těchto rychlých reakcí, které jsou nutné pro existenci ptáků ve volné přírodě, udržuje řídicí systém správné funkce celého organismu, to jest regulaci dýchání, krevního oběhu, získávání energie z potravy, vyměšování a rozmnožování.

Nervové a humorální řízení ovlivňuje také postembryonální vývoj a periodickou výměnu peří a dále také podporuje adaptaci na roční biorytmy a časoprostorovou orientaci.

Humorální regulace, tedy tvorba a působení hormonů je vývojově starší a pomalejší a nepostihuje jen specifické skupiny svalů. Společně s nervovým systémem spolupracuje a navzájem se doplňuje. Působení hormonů ovlivňuje například růst, vývoj pohlavních žláz, nebo hladinu tuků a cukrů v krvi. Hormony rovněž mají vliv na chování ptáků, péči o mláďata, dorozumívání, či reflexy (Veselovský, 2001).

12.1. Nervová soustava

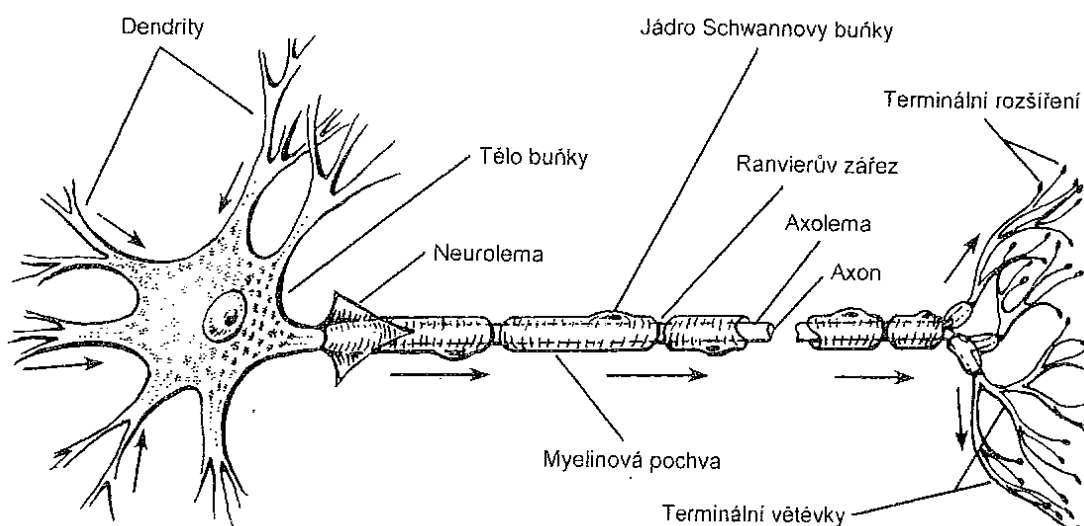
Nervovou soustavu lze přirovnat ke komunikační síti, která umožňuje ptákům přizpůsobit tělo změnám prostředí. Senzorické komponenty registrují změny v životním prostředí a integrující prvky tyto údaje zpracují a porovnají je s daty uloženými v paměti.

Z velké části jsou reakce nervové soustavy realizovány neurony, nebo gliovými buňkami (neuroglie).

Neuron (obr.65) je anatomickou jednotkou nervové soustavy a přenáší signály, registrované jako elektrické impulsy. Uvnitř buněk je převaha záporně nabitých iontů, na povrchu naopak kladných iontů. Tento rozdíl se nazývá klidový membránový potenciál. Při vzruchu se zvýší propustnost membrány a kladné ionty z povrchu proudí do buňky, kde začínají převažovat. Touto prudkou změnou vzniká krátký elektrický impuls. Vzruch je přenášen rychlostí až 130m/s.

Neuron se skládá z vlastního těla buňky a výběžků, které slouží pro příjem a vysílání signálů. Výběžky zachycující vstupní signály jsou rozvětvené, sbírají informace z ostatních neuronů a nazývají se **dendrity**. Nervový vzruch z těla neuronu vede jeden výběžek – **axon** (neurit). Axon je nervové vlákno obalené myelinovou pochvou, která je

v pravidelných vzdálenostech přerušena a vytváří příčné zářezy (**Ranvierovy**). Místo, kde si neurony mezi sebou předávají informace, se nazývá **synapse**. Nedochozí zde k fyzickému kontaktu neuronů, je mezi nimi štěrbina, přes kterou jsou nervové vzruchy přenášeny pomocí chemických látek. Na neuron přisedají synaptické váčky s přenašečem, které se při podráždění přesunují k membráně, splývají s ní a praskají. Tím se jejich obsah dostává do štěrbiny a přenašeč změní propustnost sousední membrány pro kladné sodíkové ionty a tím vyvolá vznik elektrického impulzu depolarizací. Podle umístění synaptických váček na neuronu rozlišujeme nervová vlákna (axony) aferentní (dostředivá), které vedou vzruch do mozku, a nebo eferentní (odstředivá), která vedou povely vyslané mozkiem.



Obr. 65 (Reece, 2011)

Neuroglie nemají charakter neuronů, je jich asi 10x více než neuronů a zajišťují podpůrné funkce pro neurony, jako je například tvorba **myelinové pochvy**, což je obal nervových vláken, tvořený zvláštními buňkami (**Schwannovy buňky**) a slouží jako elektrický izolátor.

Obecně můžeme rozdělit nervový systém na dvě části:

1) centrální nervový systém (CNS) – mozek - skládá se z těl neuronů (šedá hmota)

a z axonů (bílá hmota)

- mícha – koordinace reflexů (křídla za letu)

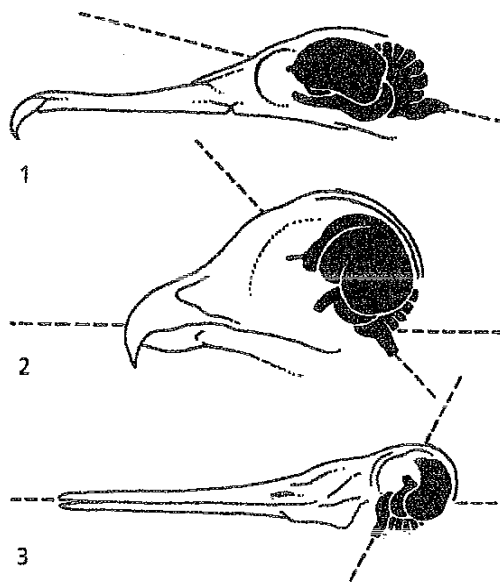
2) periferní nervový systém – hlavové nervy – dvanáct nervů

- autonomní nervová soustava – zajišťuje homeostázu

Centrální nervová soustava je hlavní řídicí a integrující činitel všech informací přijímaných jednak z vnitřních orgánů, ale i z okolního prostředí pomocí smyslů. Další neméně důležitou funkcí je ukládání, uchování a vybavování informací, tedy **paměť**.

Mozek je chráněn lebkou, mícha leží v pevném kanále páteře a prochází celou její délkou. Mozek i mícha jsou dále obaleny třemi obaly (plenami). Vnější vazivový obal je tvrdá plena (dura mater), přilehlá k okostici lebky a páteřního kanálu. Pod ní je plena zvaná pavoučnice (arachnoidea) a přímo na povrch mozku a míchy přiléhá lesklá jemná blána, protkaná mnoha krevními kapilárami, zvaná omozečnice (pia mater). Ze čtvrté mozkové komory vtéká mezi měkké obaly mozku a míchy mozkomíšní mok a vytváří kapalinový polštář, který slouží jako ochrana mozku proti otřesům. Mozkomíšní mok má také vyživovací funkci mozku a míchy (Reece, 2011).

Mozek ptáků se tvarem a členěním podobá mozku ostatních obratlovců, zejména plazů, ale má řadu rysů, které jsou charakteristické pouze pro ptáky. Oproti plazům mají ptáci mozek 6 až 11x větší a vzhledem k hmotnosti těla mozek představuje asi 2 až 9%. Největší mozky mají papoušci a krkavci, naopak nejmenší pštrosi, nebo kurovití. Velikost mozku je ovšem limitována celkovou nízkou váhou stavby těla, jako základního prvku vývoje ptáků. Mozkové komory pro obě polokoule koncového mozku se u ptáků přeměnily v podélné štěrby díky mohutným očním koulím, které u některých druhů ptáků odtlačují mozek až do téměř kolmé polohy.



Poloha mozku u různých druhů ptáků.
 Různá poloha osy mozku vzhledem k rovině zobáku je dána velkými očními koulemi, které odtlačují mozek do svislé polohy:

- 1 – hlava kormorána
- 2 – hlava sovy
- 3 – hlava sluky

Obr. 66 (Veselovský, 2001)

Členění mozku podle jeho hlavních částí (obr.67):

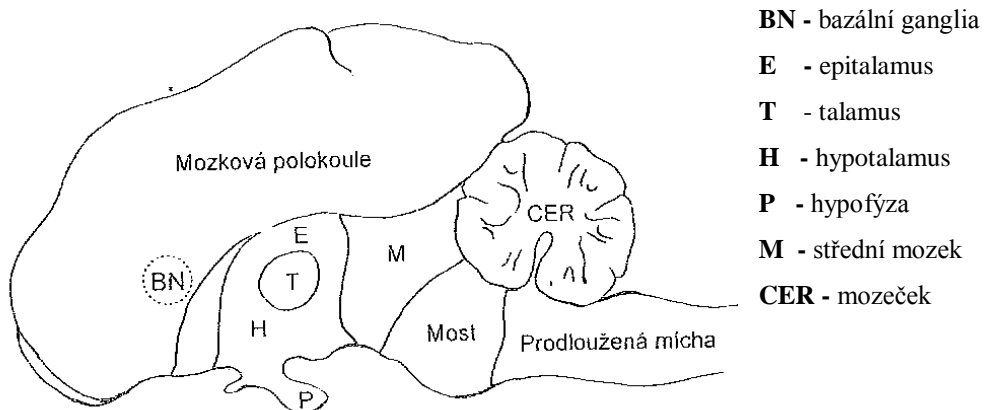
- a) Koncový mozek – párové polokoule – a1) šedá hmota (mozková kůra)
 - a2) bílá hmota (nervová vlákna)
 - a3) bazální ganglia (shluky neuronů)

- b) Mozeček – nepárový sběrač informací okamžité polohy a stavu těla (koordinace)

- c) Mozkový kmen – c1) mezimozek –
 - c1.1) hypofýza (podvěsek mozkový)
 - c1.2) hypotalamus (smyslové vnímání)
 - c1.3) subtalamus
 - c1.4) talamus (spojovací ústředna)
 - c1.5) epitalamus (čich.centrum+epifýza)

- c2) střední mozek – c2.1) zrakové reflexní centrum
 - c2.2) sluchové reflexní centrum
 - c2.3) jádra a nervové dráhy
- c3) most – propojení mozečku a prodloužené míchy
- c4) prodloužená mícha – nervové dráhy, reflexní centra

Umístění jednotlivých částí mozku je patrné z obrázku:

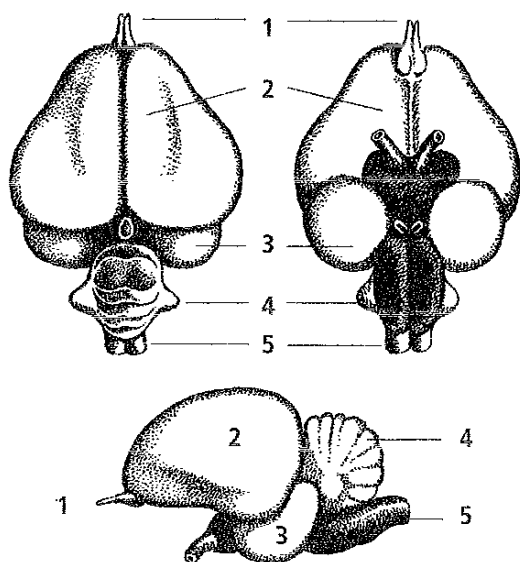


Obr. 67 (Reece, 2011)

Koncový mozek (*telencephalon*) ptáků je tvořen **dvěma** hladkými **hemisférami** (povrch není zbrzděn závití), oddělenými rýhou. Na přední části se nachází dva drobné **čichové laloky** (*lobi olfactorii*), někteří ptáci je mají spojené v jeden. V porovnání struktury mozku mají ptáci velmi tenkou a slabě vyvinutou mozkovou kůru, ale mají dobře vyvinutá **bazální jádra** (*ganglia*), která leží hluboko v mozkových hemisférách a zajišťují u ptáků všechny vědomé i instinktivní motorické funkce.

Přestože stavba ptačího mozku je odlišná od mozku savců, výkonnost je srovnatelná, dokonce papoušci a krkavcovití svou výkonností mozku mnoho savců vysoko převyšují.

Uvážíme-li, že centrum zpěvu ptáků je uloženo pouze v levé hemisféře a při jejím poškození ptáci ztrácejí schopnost zpěvu, nabízí se porovnání s levou hemisférou mozku člověka, která řídí mimo jiné schopnost řeči a komunikace vůbec. Ptáci během ročních period mohou měnit velikost i strukturu centra zpěvu (např. v době rozmnožování), což je způsobeno samčím hormonem testosteronem, a tento jev je mezi živočichy zcela ojedinělý (Veselovský, 2001).



Pohled na mozek ptáka a jeho hlavní části:

- 1 – čichové laloky (lobi olfactorii)
- 2 – hemisféry koncového mozku (telencefalon)
- 3 – zrakové laloky (lobi optici)
- 4 – mozeček (cerebellum)
- 5 – prodloužená mícha (medulla oblongata)

Obr. 68 (Veselovský, 2001)

Pravidelné střídání **bílé a šedé mozkové hmoty** se nazývá **žíhané těleso** (*corpora striata*) a ptáci ho mají poměrně rozvinuté a rozčleněné na oddíly:

1. oddíl – paleostriatum – dvě nejstarší vnitřní malé části - řídí pohyb a přijímání potravy, ale také rozmnožovací instikty (kopulace, stavba hnízda, péče o mláďata).
2. oddíl – neostriatum – část uložená nad paleostriatem
3. oddíl – hyperstriatum – nejmladší část, analýza smyslových vjemů (zrak, sluch, hmat, chuť)

Mozeček (*cerebellum*) ptáků je poměrně mohutný a příčnými zářezy je rozdělen na přední, střední a zadní laloky. Laloky jsou členěné na listy, které jsou vlákny spojeny

s trojklaným nervem, detekujícím citlivost těla. Mozeček je odpovědný za udržování rovnováhy a za regulaci pohybu, zejména při letu.

Vývojově nejstarší část mozku ptáků je **mozkový kmen** na jeho spodině, ve kterém jsou uložena centra pro dýchání, krevní oběh, instinktů a motorických jevů.

Po celé délce mozkového kmene se táhne nervový síťovitý útvar – **retikulární formace**, která přijímá a vysílá obrovské množství podnětů, udržuje mozek v bdělosti (retikulární aktivizující systém - RAS), a bez níž by ptáci nemohli létat, dokonce ani stát.

Mozkový kmen je složen z kraniálně (směřující k lebce) uloženého mezimozku, od kterého jsou kaudálně uloženy střední mozek, most a prodloužená mícha.

Mezimozek je velmi důležitý pro regulaci závažných tělesných funkcí. Na **epitalamu** (horní strana mezimozku) se nachází **epifýza** (šišinka), která má funkci vnitřních biologických hodin. Ptačí epifýza je žláza s vnitřní sekrecí, produkující hormon melatonin. Tato funkce souvisí přímo s dodržováním denních rytmů. Postranní stěny mezimozku vytváří **talamus**, který lze přirovnat k přepínací ústředně, která zpracovává zrakové, sluchové, hmatové a chuťové vjemy.

Pomocí nervových drah je dále vede do koncového mozku k hrubší filtraci. Kontrola tělesných funkcí a případné vyslání povelů k odstranění zjištěných nedostatků průběžně monitoruje dobře prokrvený **hypotalamus** na spodině mezimozku. Hypotalamus je přímo spojen s hypofýzou (podvěsek mozkový), což je hlavní řídicí žláza vnitřní sekrece. Určitá část hypotalamu je velmi citlivá na změnu tělesné teploty, podrážděním této části je uvedena v činnost vlastní termoregulace. Příjem a zpracování potravy a tekutin kontroluje střední oblast hypotalamu.

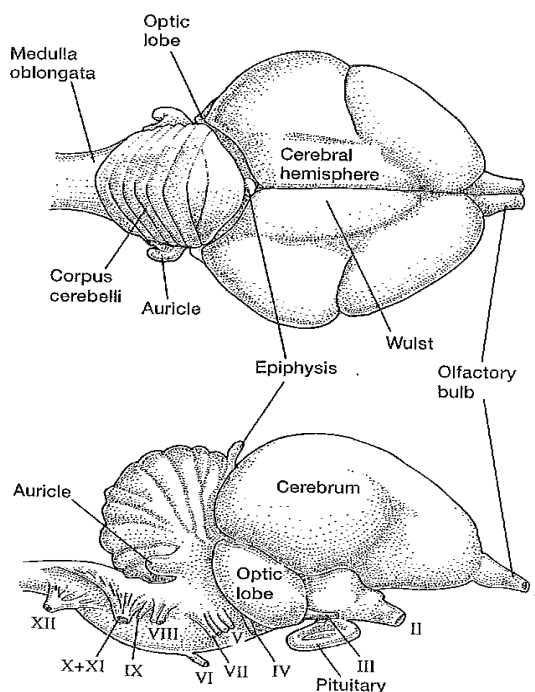
Střední mozek (*tectum*) je tvořen zejména dvěma **zrakovými laloky** (*lobi optici*), kde dochází ke zpracování zrakových vjemů, které jsou pro ptáky nejdůležitější. Rovněž jsou zde centra pro pohyby očí a krku. Střední mozek tvoří do značné míry nezávislou část centrální nervové soustavy. **Most** spojující prodlouženou míchu s mozečkem není u ptáků příliš vyvinutý a je relativně slabý (Reece, 2011).

Z **prodloužené míchy** (*medulla oblongata*), která je spojovacím článkem mezi mozkem a míchou, vychází osm (V. až XII.) z dvanácti hlavových nervů. Prodloužená mícha nasedá přímo na střední mozek, ze kterého vychází další dva hlavové nervy (III. a IV.)

Do **míchy** vstupují motorickými (předními) a senzitivními (zadními) kořeny **míšní nervy**.

Motorické kořeny vedou povely do příčně pruhovaných svalů, zatímco senzitivní kořeny sbírají vjemy obvodových čidel. Míšní nervy ptáků lze rozdělit do třech skupin:

1. krční míšní nervy – spinální – 15 párů mezi mozkem a krční míšní zduřeninou
2. hrudní míšní nervy – 14 párů mezi míšní zduřeninou krční a bedrokřížovou
3. bederní a křížové – 14 párů – větví se v oblasti zadních končetin, pohlavních orgánů, ledvin a ocasu



Pohled na části mozku husy:

- Cerebrum** – mozek
- Cerebral hemisphere** – mozkové polokoule
- Olfactory bulb** – čichové laloky
- Optic lobe** – zrakové laloky
- Medulla oblongata** – prodloužená mícha
- Corpus cerebelli** – mozeček
- Auricle** – postranní ouška
- Epiphysis** – šišinka (epifýza)
- Pituitary** – podvěsek mozkový
- Wulst** – vyboulení hemisfěr

- I** - čichový nerv **VII** – lícní nerv
- II** – zrakový nerv **VIII** – sluchový nerv
- III** – okohybný nerv **IX** – jazykohltanový n.
- IV** – kladkový nerv **X** – bloudivý nerv
- V** – trojklaný nerv **XI** – přídatný nerv
- VI** – odtahující nerv **XII** – podjazykový nerv

Obr. 69 (Kardong, 2002)

Hlavové nervy mají, stejně jako nervy míšní, senzitivní a motorická vlákna, ale některé z nich jsou pouze čistě sensorické, a nebo čistě motorické. Počet hlavových nervů je podobně jako u savců dvanáct (Veselovský, 2001).

Periferní nervová soustava je tvořena dvanácti **hlavovými nervy**:

- I. čichový (*n.olfactorius*) – sensorický - pachové vjemy
- do koncového mozku

- II. zrakový (*n.opticus*) – sensorický - optické vjemy,
- přes střed. mozek a mezimozek do
koncového mozku

- III. okoohybný (*oculomotorius*) – motorický - pohyby víček a svěračů zornic
- ze středního mozku

- IV. kladkový (*n.trochlearis*) – motorický - stáčení osy oční koule (šikmý sval)
- ze zadní strany středního mozku

- V. trojklaný (*n.trigeminus*) – sensorický - orgány hlavy (čelisti, oči, nos, ústa,
slzy)
– motorický - činnost žvýkacích svalů
- do mozkového kmene

- VI. odtahující (*n.abducens*) – motorický - pohyb mžurky (třetí oční víčko)
- boční přímý okoohybný sval
- z prodloužené míchy

VII. lícní (*n.facialis*) – motorický - podporuje trojklaný nerv a slinné žlázy
- z prodloužené míchy

VIII. sluchový a rovnovážný (*n.vestibulocochlearis*)
– sensorický - sluchové podněty
- kinetické a statické podněty
- z prodloužené míchy

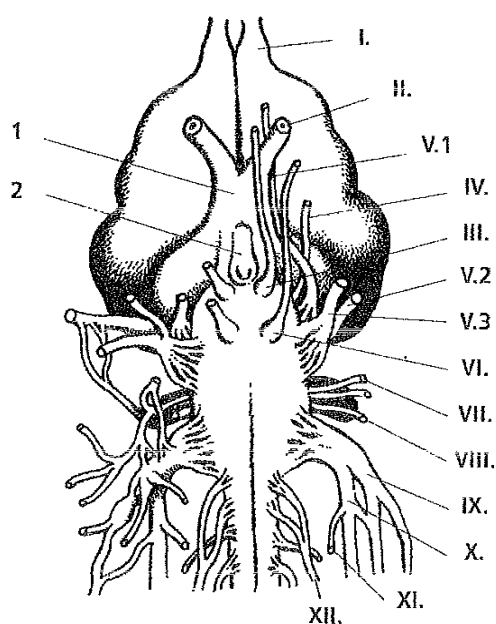
IX. jazykohltanový (*n.glossopharyngeus*)
– sensorický - chuťové receptory jazyka, hltanu
- krevní tlak v krkovicích
- motorický - čelistní svaly, žlázy v ústní dutině a v jícnu
- z prodloužené míchy

X. bloudivý (*n.vagus*) - sensorický - hladká svalovina srdce, žaludků, jícnu, tenké střevo, dolní část jícnu
- motorický - svaly hltanu
- z prodloužené míchy

XI. přídatný (*n.accessorius*) - motorický - krční svalovina
- z prodloužené míchy

XII. podjazykový (*n.hypoglossus*) – motorický - ovládá jazyk, řídí činnost syrinxu
- z prodloužené míchy

Rozložení dvanácti hlavových na spodině mozku husy(obr.70):



1 – křížení očních nervů (chiasma opticum)

2 – hypofýza

I – čichový nerv (n.olfactorius)

II – zrakový nerv (n.opticus)

III – okoohybný nerv (n.oculomotorius)

IV – kladkový nerv (n.trochlearis)

V – trojklaný nerv (n.trigeminus)

VI – odtahující nerv (n.abducens)

VII – lící nerv (n.facialis)

VIII – ledvinná žíla (v.renalis)

IX – jazykohltanový (n.glossopharyngeus)

X – bloudivý nerv (n.vagus)

XI – přídatný nerv (n.accessorius)

XII – podjazykový nerv (n.hypoglossus)

Obr. 70 (Veselovský, 2001)

Autonomní nervová soustava zajišťuje stálé vnitřní prostředí organismu (**homeostáza**). Tato řídicí činnost nepodléhá kontrole vůlí.

Homeostáza je tvořena dostředivými (aferentními) a odstředivými (eferentními) nervovými vlákny

Aferentní vlákna jsou senzorické (smyslové) nervy obsažené například ve střevech, v plících, nebo v krevním řečišti.

Eferentní vlákna jsou vlastně motorické nervy, které lze rozdělit do dvou skupin:

- a) **sympatická vlákna** - vychází z míchy, nervové uzliny podél celé páteře, řídí hladkou svalovinu vnitřních orgánů
 - synaptický přenos pomocí **noradrenalinu** z nadledvinek
 - zužuje cévy, zvyšuje krevní tlak, prohlubuje dýchání
 - uplatnění v případech zvýšené aktivity organismu, například obranné a útočné reakce

- b) **parasympatická vlákna** - vychází z prodloužené míchy, provází hlavové nervy III, VII, IX, X, obnovují zásobní látky v organismu
- synaptický přenos pomocí **acetylcholinu**
 - snižuje krevní tlak, počet tepů a dechů, zužuje zornice, zrychluje trávicí činnost
 - uplatnění v případech klidu, spánku a regenerace

Autonomní nervový systém je soubor velmi složitých procesů, k jejichž regulaci je nutná celá řada informací o jednotlivých orgánech. K tomuto účelu jsou ptáci vybaveny receptory, které jsou rozptýleny po celém těle (Reece, 2011).

Vegetativní nervový systém ptáků, pracující nezávisle na jejich mozku (obr.71):

- plně vyznačen je systém sympatický – stimuluje aktivitu
- tečkovaně je vyznačen systém parasympatický – tlumí aktivitu

1a – parasympatikus

1b – sympatikus

2 – uzliny (ganglia)

3 – srdce

4 – plíce

5 – játra

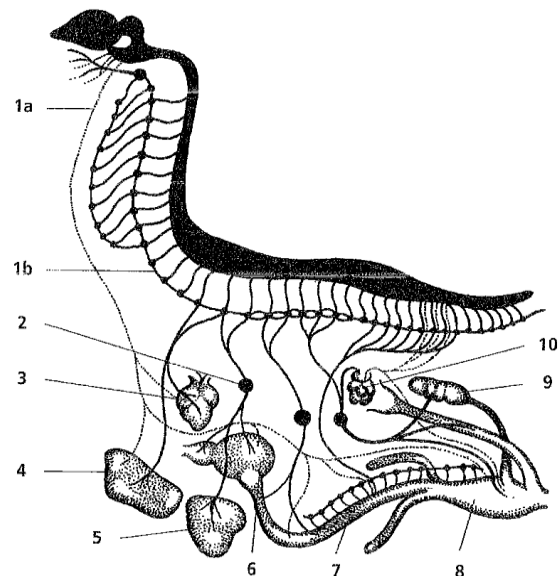
6 – žaludek

7 – střevo

8 – kloaka

9 – ledviny

10 – vaječník



Obr. 71 (Veselovský, 2001)

12.2. Smyslová soustava

12.2.1. Receptory

Smyslové vnímání ptáků zahrnuje pocity bolesti, chladu, horka, dotyku, tlaku a dále skupinu specializovaných smyslů – zrak, sluch, chuť, čich a orientaci v prostoru. Nervová zakončení snímající vjemy jsou **receptory**, které dělíme do třech základních skupin:

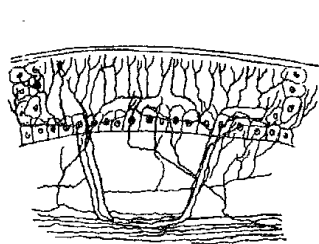
- 1) **exteroreceptory** – volná nervová zakončení – reagují na teplo, chlad, dotyk a tlak
 - receptorové orgány specializovaných smyslů zraku a sluchu
 - jsou uloženy v kůži, rohovce, v ústech, ale i ve střevech

- 2) **interoreceptory** – receptory vnitřních orgánů – reagují na podněty uvnitř těla
 - receptorové orgány specializovaných smyslů čichu a chuti
 - jsou uloženy například ve střevech, v žaludku, v kloace

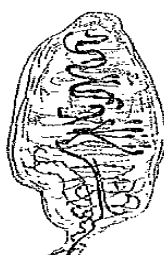
- 3) **proprioreceptory** – receptory hluboko uvnitř těla – reagují na změny polohy orgánů
 - jsou uloženy v kosterních svalech, šlachách, vazech a kloubech

Smyslové receptory jsou periferní součástí aferentních axonů a přeměňují různé druhy energie na akční potenciály. Jsou specifické v tom, že reagují stupňovitě v závislosti na intenzitě podnětu, ale také rychleji vždy pouze na jeden typ energie.

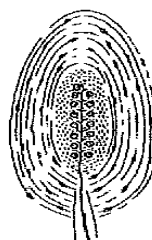
Na obrázku jsou zobrazeny některé receptory související s vnímáním:



volná nervová zakončení
reagují na teplo a bolest

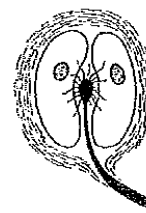


Meissnerova tělíska
reagují na dotek

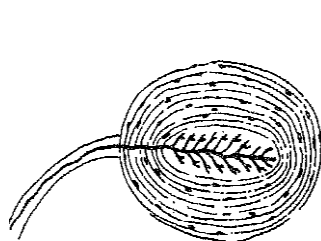


Herbstova tělíska

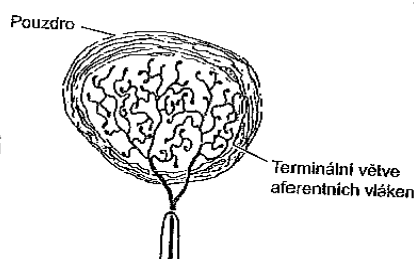
v zobáku a na jazyku vodních ptáků



Grandryho tělíska



Paciniho tělíska
reagují na tlak



Krauseho tělíska
reagují na chlad



Ruffiniho tělíska
reagují na teplo a tah

Obr. 72 (Reece, 2011; Kent, 1987)

Prakticky všechny části těla se chrání proti poškozování, nebo škodlivým podnětům, působící na organismus. Tento ochranný mechanismus je **bolest**, jejíž specifické receptory jsou volná nervová zakončení sensorických neuronů bolesti a nazývají se **nociceptory**. Bolestivý podnět způsobuje poranění buněk, které vyvolá chemickou reakci aktivující nerv (Řezníček, Roček, 2007).

12.2.2. Zrak

Ptáci mají ve srovnání s velikostí těla největší oči ze všech obratlovců, vzhledem k tomu, že vyhledávání potravy, ochrana před nepřáteli, námluvy péče o mláďata a téměř celá další jejich existence spočívá výlučně na zrakových vjemech.

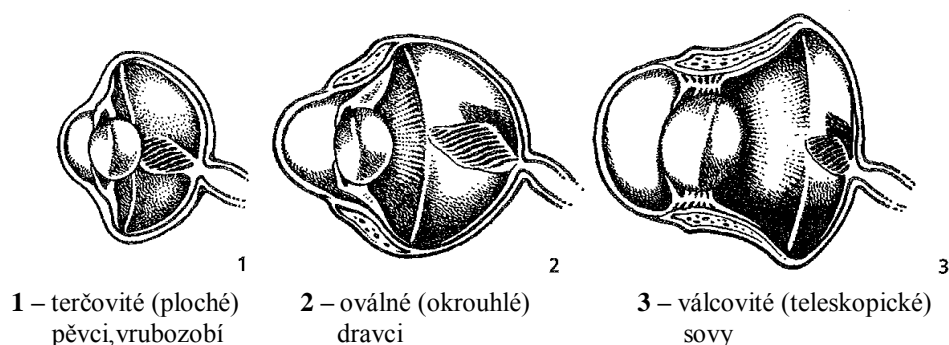
U mnoha druhů ptáků jsou oči větší než mozek a jejich hmotnost představuje třetinu hmotnosti celé hlavy. Například průměr oční koule u pštrosa je cca 50mm, což je srovnatelné se slonem. Ptáci vidí barevně a mohou ovládat každé oko samostatně.

Prakticky je možné říci, že ptačí oči svým objemem dosahují vývojového vrcholu. Meziočnicová přepážka je průsvitně tenká skořepina, která jen zabraňuje, aby se oční koule po stranách nedotýkaly, tedy větší orgány už by nebylo možné v ptačí lebce umístit.

Přestože mluvíme o očních koulích, ptačí oko ve skutečnosti kulaté není. Zadní část oka, skrytá v očnici, zachovává největší možnou plochu pro zrkové buňky na sítnici.

Můžeme definovat tři základní tvary očí (obr.73):

- a) terčovitě - krátká oční osa, umístěny po stranách hlavy, u ptáků s malou hlavou
- vrubozobí
- b) oválné - poměrně dlouhá oční osa, umístěny po stranách široké hlavy, silně vypouklá rohovka
- dravci a pěvci
- c) válcovitě - velká čočka umožňuje dobré vidění za špatných světelných podmínek, teleskopické oči jsou umístěny na přední straně velmi široké hlavy
- noční ptáci, sovy



Obr. 73 (Veselovský, 2001)

Vrchní část pláště oka tvoří pevná vazivová **bělima** (*sclera*), přecházející vpředu ve vyklenutou průhlednou **rohovku** (*cornea*). Zakřivením rohovky je dán zorný úhel, který je u různých druhů ptáků odlišný. Tak například vodní ptáci mají zorný úhel 80°, pěvci a dravci 120° a sovy dokonce 160°. Rohovka je nejcitlivější částí celého těla, neboť do svrchních vrstev rohovky (je jich celkem pět) prostupují vlákna trojklaného nervu.

Na přechodu bělimy a rohovky mají ptáci **sklerotikální prsten**, což je prstenec složený z 10-18 plochých kůstek, obtáčeující oční kouli. Chrání a zpevňuje oční koule a tvoří oporu pro akomodační svaly Cramptona a Bruckeho.

Prostřední vrstvou pláště oka je **cévnatka** (*choroidea*) s množstvím cév a černým pigmentovým vazivem proti vnikání rozptýleného světla do oka. Ta dále přechází v **řasnaté těleso** (*corpus ciliare*), ve kterém je silný **Bruckeho akomodační sval** (*m. ciliaris*). Ptačí oko je stavěno na dálku a tento sval svým stahem při akomodaci na blízko posunuje celé řasnaté těleso kupředu a zvětší **vyklenutí čočky**. Naopak stahem **Cramptonova akomodačního svalu** se mění tvar oka a zvětšuje se **vyklenutí rohovky**. Tento sval je u vodních ptáků slabý, neboť vyklenutí rohovky pod vodou nemá velký význam.

Na rozdíl od savců je mají ptáci akomodační svaly příčně pruhované, které pracují mnohem rychleji, než svaly hladké. Tato skutečnost je důležitá zejména u rychlých letců, kteří jsou závislí na co nejkratší akomodaci oka.

Ptáci mohou přizpůsobit své oči v rozsahu až 20ti dioptrií, což je asi 2x více než člověk.

V přední části oka z řasnatého tělesa vybíhá závěsný aparát pro oční **čočku** (*lens*), kterou mají ptáci měkkou a snadno tvarovatelnou.

Dalším útvarem oka je barevně pigmentovaná **duhovka** (*iris*) se **zorničkou** (*pupilla*) uprostřed. Barva zorničky je u různých druhů ptáků odlišná, dokonce je někdy rozdíl i mezi samcem a samicí jednoho druhu, nebo u mláděte a dospělého ptáka. Rozšíření nebo zúžení zorničky je řízeno také příčně pruhovanými svaly.

Přední oční komora mezi rohovkou a duhovkou a také **zadní oční komora** mezi duhovkou a čočkou jsou vyplněny **komorovou vodou** (*humor aquaeosus*), která vyživuje čočku, sklivec i rohovku a zároveň svým tlakem udržuje tvar oka.

Místo, kde vstupuje do oka oční nerv, se nazývá **slepá skvrna**, neboť zde chybí zrakové buňky. Na tomto místě vstupuje do sklivce zvláštní **hřebínek** (*pecten*), jehož přesná funkce je stále předmětem odborných diskusí. Obecně se uvádí, že hřebínek přivádí do oka výživu a kyslík, neboť ptačí sítnice neobsahuje žádné krevní kapiláry. Jiná možnost je regulace nitroočního tlaku, nebo zabraňuje oslnění.

Spodní vrstva pláště oka je **sítnice** (*retina*), která neobsahuje žádné cévy a je poměrně tlustá. Na sítnici jsou dva typy světločivných buněk – **tyčinky a čípky**. Tyčinky jsou citlivé na malé množství světla, proto převažují u nočních ptáků. Čípky reagují na dobré světlo a zobrazují ostřeji a barevně.

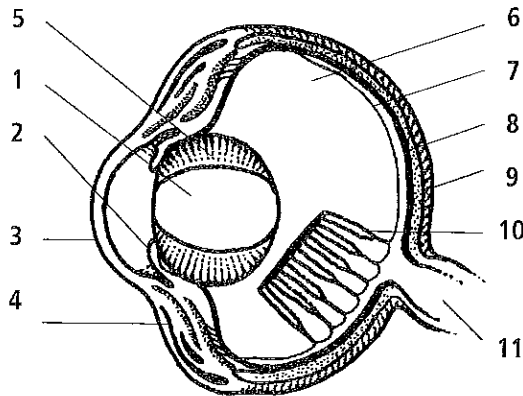
Světelné podráždění světločivných buněk na sítnici se přenáší pomocí zrakového nervu do mozkových center, kde je obraz vyhodnocen. Vlákna očních nervů u ptáků se na spodině mozku nemísí, což znamená, že každá polovina ptačího mozku dostává vjemy pouze z jednoho oka. **Integrace obrazu pak nastává v oblasti koncového mozku.**

Světločivné buňky jsou na sítnici rozloženy rovnoměrně v celé ploše, jen v oblastech zvaných **arey** dosahují větší hustoty. Tyto místa označujeme jako **žluté skvrny** a jsou to plošky s nejostřejším viděním.

Mezi čočkou a sítnicí se nachází **sklivec** (*corpus vitreum*), což je průhledná rosolovitá hmota (Veselovský, 2001).

Ptáci mají na každém oku 4 přímé a 2 šikmé **okohybné svaly**. Vzhledem k umístění očí po stranách hlavy se ptáci většinou dívají jedním okem, tedy **monokulárně**. Proto oči pracují nezávisle a mohou se na jedné či druhé straně otáčet různě. Malou pohyblivost očních koulí nahrazuje velká pohyblivost krčních obratlů. Například sovy mají oči zcela nepohyblivé, avšak mohou otočit hlavu až o 270°.

Schematický průřez okem dravce:



- 1 – čočka (lens)
- 2 – duhovka (iris)
- 3 – rohovka (cornea)
- 4 – sklerotikální prsten
- 5 – ciliární svaly
- 6 – sklivec (corpus vitreum)
- 7 – sítnice (retina)
- 8 – cévnatka (choroidea)
- 9 – bělima (sclera)
- 10-hřebínek (pecten)
- 11-oční nerv (nervus opticus)

Obr. 74 (Veselovský, 2001)

Ptačí oko je chráněno **horním a dolním víčkem a mžurkou** (*membrana nicticans*), tedy vlastně třetím víčkem. Mžurka je průhledná (výjimku tvoří sovy), přetahuje se přes oko z vnitřního koutku šikmo nahoru a pod vodou, nebo při střemhlavém letu chrání oko jako brýle (Zicháček, 1995).

V mžurce se nachází též slzná **Harderova žláza**, která zvlhčuje povrch rohovky. Druhá nepatrná slzná žláza je v očním koutku pod spodním víčkem.

Člověku, který se dívá stále dopředu oběma očima, zůstává zorné pole v klidu, na rozdíl od ptáků, kteří jednak naklání střídavě ke sledovanému objektu jedno a pak druhé oko, čímž nezávisle přenáší obraz do obou polovin mozku, a jednak předchází pohybu zorného pole kýváním hlavy dopředu a dozadu, a tím zaručí trvale zaostřený pohled na celý obzor (Hudec a kol., 1983).

12.2.3. Sluch

Důležitým ptačím smyslem je také sluch. Sluchový orgán je tvořen třemi částmi: vnějším zvukovodem, středním uchem a vnitřním uchem.

Vnější zvukovod ptáků je krátký a chybí boltec (sovy mají na okraji sluchového otvoru kožní řasu, která zvyšuje ostrost slyšení až 5x). Ptáci chrání zvukovod proti vniknutí

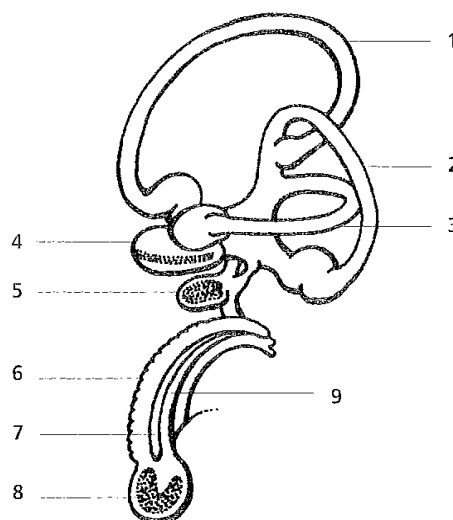
cizích těles, vody, nebo před tlakovým poškozením buď vějířkem z tuhých per, nebo uzavírají zvukovod zduřitelným valem. Zvukovod je zakončen velkým **bubínkem** (*membrana tympani*), na nějž nasedá třmínek, jediná **sluchová kůstka** (*columella auris*). Tato kůstka se o bubínek pohyblivě opírá chrupavčitou třínožkou a zapadá do předsíňového **oválného okénka** (*fenestra ovalis*) vnitřního ucha.

Střední ucho je dobře chráněno před vnějšími vlivy a spojení **Eustachovy trubice** s ústní dutinou vyrovnává tlak na bubínek. Ve středním uchu stačí, vzhledem k naprosté nehybnosti vzduchových částic, velmi malé tlakové změny ke vzniku vibrací, které se pak přenáší do vnitřního ucha.

Vnitřní ucho je tvořeno kostěným labyrintem, ve kterém je zavěšen **labyrint blanitý** (obr.75), jehož původní funkcí bylo vnímání polohy těla. Základem labyrintu je **oválný váček** (*utrículus*) a **kulatý váček** (*sacculus*). Z oválného váčku vystupují tři **polokružné chodby**, které na výstupu vytváří pomocí pohyblivých rosolovitých přepážek jakési komůrky a slouží pro registraci pohybu.

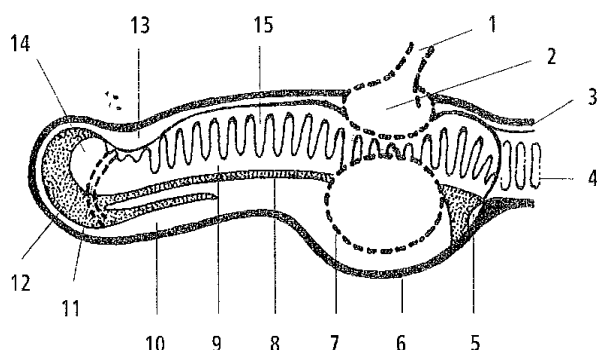
Blanitý labyrint vnitřního ucha ptáků:

- 1 – polokružná chodba I. (ducti semicirculares)
- 2 – polokružná chodba II.
- 3 – polokružná chodba III.
- 4 – oválný váček (macula utriculi)
- 5 – kulatý váček (macula sacculi)
- 6 – labyrint s hlemýžděm
- 7 – bazilární papila (papilla basilaris)
- 8 – výběžek (macula lagenae)



Obr. 75 (Veselovský, 2001)

Kulatý váček vybíhá u ptáků do krátkého, mírně se stáječícího, ale nezavinutého **hlemýždě** (*cochlea*) (obr.76). Hlemýžď je rozdělen **bazilární membránou** (*membrana basilaris*) na horní **schodiště předsíňové** (*scala vestibuli*) a dolní **schodiště bubínkové** (*scala tympani*). Tekutina (perilymfa) vyplňující hlemýžď přenáší zvukové vlny v obou schodištích a vlastní vnímání zvuku ve vsunuté vnitřní chodbě, na jejíž dně se nacházejí smyslové buňky. Na zvuky s vysokou frekvencí reagují buňky blízko **oválného okénka**, tóny nižší jsou vnímány směrem ke špičce hlemýždě. Přestože hlemýžď ptáků je poměrně krátký, počet smyslových buněk například u člověka (asi 25 000) je zhruba stonásobně menší než u některých druhů ptáků.



Průřez hlemýžděm ptáků:

- 1 – sluchová kůstka (columella)
- 2 – oválné okénko (fenestra ovalis)
- 3 – zbytek předsíňového schodiště
- 4 – spojovací kanálek (ductus reuniens)
- 5 – krátký kanálek (ductus brevis)
- 6 – kostěná stěna hlemýždě
- 7 – hlemýžď. okénko (fenestra cochleae)
- 8 – bazilární membrána (mem. basilaris)
- 9 – chodba hlemýždě (ductus cochlearis)
- 10 – bubínkové schod. (scala tympani)
- 11 – chodba bubínkového schodiště
- 12 – chrupavka
- 13 - předsíňové schodiště (scala vestibuli)
- 14 – výběžek (lagena)
- 15 - krycí membrána (mem. tectoria)

Obr. 76 (Veselovský, 2001)

Impulzy z vnitřního ucha putují mohutným sluchovým nervem do prodloužené míchy, kde dochází k jejich třídění, a dále do mezimozku.

Konečné **vyhodnocení se odbývá v koncovém mozku**, podobně jako je to u zraku. Lze tedy říci, že ptáci vidí a slyší koncovým mozkiem, podobně jako savci.

Ve vnitřním uchu je i **mysl pro rovnováhu**, který souvisí s funkcí oválného a kulatého váčku s polokružními chodbami a hlemýžděm. Celý tento systém je vyplněn

hustou **tekutinou** (*endolymfa*), která při změně polohy hlavy proudí a ohýbá vlásky smyslových buněk, které pak vysílají impulzy do mozku, kde je dále vyhodnocena poloha celého těla.

Dokonalá funkce orgánů rovnováhy a změny polohy je u ptáků velmi důležitá, vzhledem k jejich složitému systému pohybu (Veselovský, 2001).

12.2.4. Hmat

Hmat je mechanickým smyslem a buňky specializované na tlak, teplo, chlad a bolest jsou u ptáků soustředěny většinou v zobáku, ústní dutině a na jazyku, neboť ptákům chybí volná nervová zakončení v kůži.

U ptáků se nejvíce vyskytují tři typy hmatových buněk: Herbstova, Grandryho a Merkelova tělíska (receptory).

Herbstova tělíska registrují svalové napětí, krevní a osmotický tlak a vibrace vzduchu (tělíska mezi loketní a vřetenní kostí), nebo větví (tělíska mezi holenní a lýtkovou kostí). Tato tělíska působí jako hmatové receptory u mnoha ptáků na špičce zobáku, nebo jazyka a pomáhají vyhledávat potravu v půdě, nebo v chodbičkách ve dřevě. Dalo by se říci, že tímto způsobem je vlastně zobákem převzata funkce ruky.

Grandryho tělíska najdeme zejména u vodních ptáků na špičce zobáku a na jazyku. Tyto receptory zcela chybí u holubů a kurovitých ptáků. Vodním ptákům (kachny, plameňáci) pomáhají tato tělíska vyhledávat v bahně a ve vodě drobné živočichy a také slouží k orientaci při potápění v neprůhledné vodě, kdy registrují odražené vlny od překážek.

Merkelova tělíska se nacházejí v hlubších vrstvách kůže a jsou velmi citlivá na vibrace, a také plní svou roli při hledání a sběru potravy. Tyto receptory chybí naopak u vodních ptáků, kde funkce plní Grandryho tělíska.

Hmatové vjemy podmiňují také dlouhodobé sezení na vejci, nebo čištění a úpravu peří (Řezníček, Roček, 2007).

12.2.5. Čich a chuť

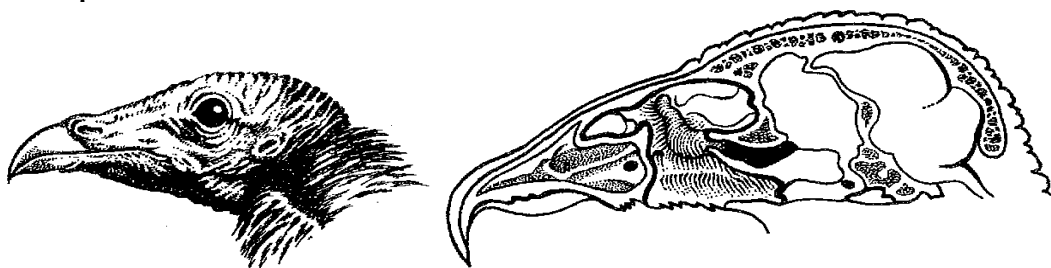
Čichové a chuťové chemoreceptory jsou vývojově nejstaršími smysly obratlovců. Dříve se předpokládalo, že ptákům tyto důležité smysly chybí, ale dnes je již prokázáno, že řada ptáků se řídí čichovými smysly.

Čichová schopnost ptáků byla dokázána záznamem nervových impulzů běžících z čichové oblasti do mozku.

Nosní dutina ptáků je rozdělena do tří komor, kde první dvě slouží k dýchání a zachycování drobných prachových částic. Probíhá zde též regulace a úprava teploty vdechovaného vzduchu. Ve třetí komoře je vytvořen čichový epitel s čichovými receptory.

Z koncového mozku vychází čichový nerv, který přenáší informace z čichových buněk, které jsou tvořeny neutrony, přizpůsobenými k příjmu podnětů z okolí. Dokonalou čichovou oblast mají například trubkonosí a kondoři, kteří se při hledání zdechlin řídí z velké míry právě čichem. Velmi dobře vyvinutou čichovou oblast mají třeba potápky, dravci, holubi nebo sovy, a naopak nejméně vyvinutou papoušci a pěvci.

Průřez čichovou částí lebky kondora.
Kondoři mají dokonalý čich, kterým se řídí při hledání zdechlin.



Obr. 77 (Veselovský, 2001)

Dalším důkazem čichové schopnosti ptáků je například zajímavý fakt, že trávící trakt samice kajky v době hnízdění, kdy nepřijímá potravu, vydává zvláštní pach. Samice výměškem slepých střev postříká vejce a tímto pachem se stanou odporná pro racky a vrány, které se vejci běžně živí. Jako afrodiziakum působí pach samice u kachen, vydávaný kostrční žlázou, na samce, který je schopen podle tohoto pachu samici vysledovat (Veselovský, 2001).

Chuťová schopnost ptáků je podstatně nižší než u savců. Důvodem je relativně malý počet chuťových pupenů na jazyku ptáků vzhledem k jeho rohovitému obalu. Chuťové buňky se vyskytují pouze na kořeni jazyka a ve sliznici ústní dutiny. Pouze kolibříci, kteří testují kvalitu nektaru, mají chuťové pupeny i na špičce jazyka. Ve srovnání s člověkem, který má okolo 9000 chuťových pupenů, jich mají například papoušci asi 350, špačci 250 a třeba sýkora modřinka jen 24.

Podle tvaru lze rozeznat u ptáků celkem tři typy chuťových pupenů. U pěvců, kurů a holubů je to hruškovitý tvar s umístěním v jamkách, u kachen, plameňáků a bahňáků je tvar štíhlý, protáhlý a konečně u papoušků je tvar prakticky kulatý.

Mezi ostatní, ne zcela probádané smysly ptáků, patří smysly důležité zejména při orientaci.

Je to především **sluneční a magnetický kompas**, kdy zrakový pigment rodopsin přeměňuje magnetická pole v impulzy předávané mozku.

Ptáci však mají také velmi dobrý **časový smysl**, a nebo jsou schopni při velmi nízkých výškových rozdílech v řádech 5 až 10 metrů registrovat **změny atmosférického tlaku** (Hanzák, Bouchner, Hudec, 1974).

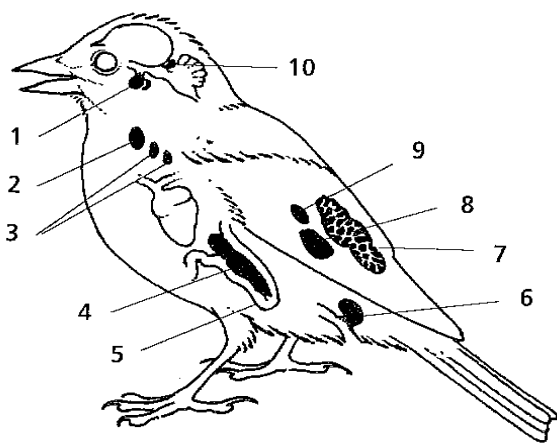
13. Endokrinní soustava

S nervovou regulací úzce souvisí **regulace humorální**, což je vlastně přenos informací v těle pomocí chemických látek – hormonů, předávaných do krevního oběhu. Cílové orgány jsou vybaveny speciálními receptory, které jsou schopny přijímat právě informace jen z molekul určitého hormonu.

Hormony udržují optimální stav organismu, reagují na změnu prostředí a regulují důležité životní funkce, tj. rozmnožování, embryonální vývoj, růst, metabolismus, trávení, osmoregulaci a metamorfózu.

Hormony jsou produkovány a předávány do krevního oběhu žlázami s vnitřní sekrecí – **endokrinními žlázami**.

Hlavní řídicí endokrinní žlázou je **hypofýza**, která je přímo spojená s částí mezimozku – **hypotalamus**, který pomocí uvolňovaných hormonů řídí celý endokrinní systém. Hypofýza je zásobována krevními kapilárami z mezimozku, což je důležité pro její správnou funkci.



Žlázy s vnitřní sekrecí u ptáků:

- 1 – hypofýza
- 2 – štítná žláza (glandulae thyroideae)
- 3 – příštítná tělíska
- 4 – slinivka břišní (pankreas)
- 5 – dvanáctník (duodenum)
- 6 – bursa Fabricii
- 7 – ledviny (renae)
- 8 – pohlavní žlázy (testes/ovarium)
- 9 – nadledviny (suprarenales)
- 10 – šišinka mozková (epifýza)

Obr. 78 (Veselovský, 2008)

Hladinu hormonů ovlivňují vnější faktory a změny prostředí. Ptáci v době rozmnožování, stavění hnízda, sezení na vejcích, nebo pečování o mláďata mají nervový systém přímo ovlivněn působením příslušných hormonů. Příkladem může být určování vhodné doby délkou světelného dne, kdy je u ptáků ovlivňována činnost hypofýzy přes zrakový analyzátor (Veselovský, 2001).

Hypofýza je u ptáků poměrně nepatrná a dělí se na dvě části:

a) přední lalok – **adenohypofýza** – typická stavba žlázy, produkuje **7 hormonů**

1. adrenokortikotropní hormon (ACTH) – vliv na kůru nadledvin
2. tyreotropní hormon (TSH) - činnost štítné žlázy
3. folikulizační hormon (FSH)- tvorba pohlavních buněk u samců
- růst folikulů s vajíčky u samic
4. luteinizační hormon (LH) - tvorba testosteronu u samců
- spolu s FSH tvorba estrogeneru u samic
- podnět k tvorbě progesteronu
5. somatotropin (STH) - růst organismu, odbourávání tuků
6. prolaktin (PRL) - tlumí činnost pohlavních žláz
- vyvolává rodičovské chování ptáků
- vliv na trávení cukrů a osmoregulaci
- produkce sýrovité hmoty ve voleti holubů a tekutin plameňáků, tučňáků
7. melanotropin MSH) - produkce melanocytů v těle

b) zadní lalok – **neurohypofýza** – nervové buňky a vlákna, produkuje **2 hormony**

1. vazotocin (ADH)
 - zabraňuje odvodnění těla
 - zpomaluje filtraci tekutin
 - vliv na zpětný příjem vody v ledvinách
 - zvyšuje obsah tuků a glukózy v krvi
 - zvyšuje hladinu růstového hormonu
 - tvorba tukových rezerv před ptačím stěhováním
2. mezotocin (MS)
 - spolu s ADH vyvolává stahy svaloviny vejcovodu při snášení vajec

Všechny uvedené základní hormony vyvolávají a kontrolují tvorbu dalších hormonů v ostatních endokrinních žlázách, mezi které patří malé **párové štítné žlázy** (*glandulae thyroideae*), produkující **tyroxiny** (*tri a tetraiodtyroxin*). Tyto hormony obsahují atomy jódu a mají vliv na ontogenezi (při poruše syntézy dochází k trpasličímu růstu), u dospělých ptáků řídí produkci tělesného tepla, stimulují růst a výměnu peří po hníždění (Reece, 2011).

Přímo na ledviny přiléhají malé žlázy s vnitřní sekrecí **nadledviny** (*glandulae suprarenales*), kde se ve dřevnaté části tvoří **adrenalin** a **noradrenalin**, které se uplatňují zejména při stresu. Zvyšují hladinu cukrů a tuků v krvi, zvyšují krevní tlak a mobilizují fyzickou zdatnost ptáků pro obranu, nebo únik. V kůře nadledvin se pak tvoří **kortikosteron** a **aldosteron**, které řídí tvorbu a využití tukových, cukerných a bílkovinných rezerv před dlouhými lety při migraci. U mořských ptáků, kteří pijí slanou vodu, řídí tyto hormony vyměšování solí nosními žlázami.

Ve stěnách žaludku a v tenkém střevě jsou produkovány hormony podporující trávení. Je to **gastrin**, podporující sekreci kyseliny chlorovodíkové, dále **sekretin**, neutralizující kyselý obsah střeva a podněcující tvorbu žluče a **cholecystokinin**, způsobující stahy žlučníku a tvorbu enzymů ve slinivce břišní.

Slinivka břišní (*pankreas*) tvoří inzulin a glukagon pro regulaci cukrů. **Inzulin** hladinu cukru v krvi snižuje, **glukagon** naopak zvyšuje. Pro ptáky je důležitější glukagon, vzhledem k vysoké spotřebě energie.

Pro ptáky, kteří kladou vejce s vápenitou skořápkou jsou důležité **ionty solí** a množství draslíku a sodíku k regulaci a tvorbě vápníku, který se získává jednak potravou jednak odbouráváním z některých kostí.

Přímo ve **varlatech** samců se tvoří pohlavní hormon **testosteron** a u samic ve **vaječnících estrogen a gestagen**, které jsou důležité pro rozmnožování a chování ptáků.

Velikost pohlavních žláz a produkce hormonů se u ptáků pronikavě sezonně mění. Stimulací k tvorbě hormonů jsou i další vnější vlivy, jako třeba hlasy samců a samic, nebo stavba hnízda. U pěvců například v zimním období klidu dosahují varlata velikosti makového zrnka a na jaře dochází ke zvětšení až o 500%. Vysoká produkce testosteronu v tomto období má za následek změnu barvy zobáku a nažin na hlavě a také agresivní chování samců. Velmi zajímavá je skutečnost, že ptáci vlivem zvýšené hladiny testosteronu začínají zpívat, když se testosteron krví dostane do mozkových center. Injekcí testosteronu je možné donutit ke zpěvu i samici, skutečností je i fakt, že například staré slepice s nefunkčním vaječníkem začínají kokrhát.

Také u samic se mění velikost pohlavních žláz a produkce estrogenu a gestagenu a tím jsou vyvolány příznaky sexuálního chování, které se však plně projeví až s přísunem nejdůležitějšího gestagenu, kterým je hormon žlutého tělíska ve vaječníku - **progesteron**. Jak již bylo řečeno, tvorbu pohlavních hormonů blokuje prolaktin, čímž jsou ptáci motivováni k rodičovské péči.

Hormony působí na hladkou svalovinu, propustnost cévních stěn, stahy svalů, či průdušek jsou **histamin** a **serotonin**, který ovlivňuje i procesy v nervovém systému.

Součástí endokrinního systému ptáků jsou ještě dvě žlázy, **brzlík** (*thymus*) a **bursa Fabricii** v kloace. Obě žlázy podporují zrání T-lymfocytů a tím tvorbu imunity. U ptáků jsou v dospělosti tyto žlázy redukovány (Veselovský, 2001).

Vzájemná koordinace a spolupráce endokrinního a nervového systému je umožněna propojením hypofýzy s hypotalamem a je velmi dokonalá.

14. Rozmnožování a reprodukční orgány

K úspěšnému rozmnožování a zrání pohlavních buněk jsou důležité vnější přímé podmínky. Takovými podmínkami jsou zejména sezónní změny, vzrůstající délka denního světla a samozřejmě s tím spojený výskyt vhodné potravy. Vhodnost a dostatek potravy je základem pro vznik rezerv, které musí každá ptačí samice před snůškou v sobě nahromadit.

Doba rozmnožování tedy spadá většinou každoročně do nejpříznivějšího období v roce a její délka je určena činností pohlavních žláz, pelicháním, dobou příletu na hnízdišti a odletu na zimoviště.

Kondoři, albatrosi a někteří velcí dravci hnízdí jen každý druhý rok, vzhledem k delší době potřebné pro výchovu mláďat.

V době rozmnožování vrcholí projevy samčího i samičího organismu. Výrazně se zvyšuje agresivita u obou pohlaví vlivem vysoké hladiny pohlavních hormonů. Aby mohlo dojít k vzájemnému seznámení a sblížení, musí oba jedinci tuto agresivitu a neshášenlivost překonat a synchronizovat se i ke shodnému fyziologickému stavu chování i pohlavních orgánů.

Při uzavírání páru v době toku hraje hlavní roli samec, který láká partnerku akustickými i optickými lákadly, tedy zpěvem, nápadnými pohyby a zbarvením.

Vývojově nejstarší forma hnízdění, tedy **stavba hnízda**, má přímou spojitost s procesem rozmnožování ptáků.

Postup při stavbě hnízda je u jednotlivých druhů ptáků vrozený a je postaven z řady stejných, na sebe navazujících pohybů. Ke spojování a splétání materiálu ptáci používají zobák, nohy a na vykroužení kotlinky vlastní tělo.

Postavit dokonalé hnízdo vyžaduje od ptáků poměrně velké úsilí a námahu. Zajímavou okolností je, kdo hnízdo staví. U některých druhů ptáků (například pštrosovití, trubkonosí) staví hnízdo výhradně samec, u jiných druhů (například kurovití, kachny, skřivani, sýkory, pěnkavy, žluvy, konipasové) naopak výhradně samice. U většiny druhů se na stavbě hnízda podílí obě pohlaví, samec většinou hnízdo započne stavět a dokončení přenechá samici.

Doba potřebná k postavení hnízda je různá podle složitosti, dostupnosti materiálu a také podle motivace. Pěvci staví hnízdo na každé hnízdění nové (na rozdíl od dravců, kteří používají hnízdo několik let) a stavba může trvat až 20 dní. U datlů však může trvat vydlabání hnízdní dutiny ve tvrdém dřevě až několik týdnů (Kvasničková, 1997).

Velmi rozmanité jsou typy hnízd u různých druhů ptáků.

Tak například běžci, rackové a bahňáci hnízdí v důlku vytlačeném vlastním tělem. **Důlek** bývá vystlaný a vejce jsou pak ještě chráněna ohrádkou z vyměšovaného uschlého trusu.

Hnízdní nory si vyhrabávají buňáci, ledňáčkové, nebo některé druhy papoušků. Především malí ptáci vyhrabávají zobákem a nohama v hlinitých stěnách až 1m dlouhé chodby.

Sovy, papoušci, dudkové, zoborožci, tukani a kachny využívají přirozené **stromové dutiny, jeskyně a skalní štěrbinu**. Samice zoborožců dokonce zvláštní hmotou z trusu a jílu uzavřou stromovou dutinu a ponechají jen úzkou štěrbinu, kterou samec krmí mláďata. Takto je hnízdo chráněno před hady a poloopicemi, a teprve když mláďata mohou vzlétnout, samec stěnu rozbourá.

Nejlepšími staviteli hnízd jsou pěvci, kteří proplétají **větvičky** tenkými rostlinnými vlákny. Snovači mají hnízdo velmi dokonalé, neboť umí rostlinná vlákna držená mezi prsty zobákem protahovat a vytvářet uzle.

Primitivní hnízda mají naopak původně na zemi hnízdící holubi, kteří se přestěhovali do korun stromů, aby pro svá vejce a mláďata zajistili větší bezpečnost. Dno jejich hnízda však bývá tak řídké, že při pohledu zdola prosvítají vejce a teprve v době odchovu mláďat bývá hnízdo zpevněno trusem.

A dokonce vůbec žádné hnízdo nestaví například kondoři havranovití, neboť během inkubace přemísťují vejce na poměrně velké vzdálenosti. Lelci a někteří bahňáci kladou vejce přímo na zem. Tučňáci zase inkubují vejce položené na nohách a překryté kožním záhybem.

Dalším typem hnízda mohou být rostlinné kupy, kde tlením rostlinného materiálu je udržována potřebná teplota, nebo stavebním materiálem může být bahno nebo jíl, ze kterého je vytvořeno kulovité hnízdo.

S hnízdění je spjata **inkubace vajec**, která spočívá v předávání tepla nažinami rodičů k vyvíjejícím se zárodkům. Tučňákům, veslonozím a kachny nemají nažiny, a proto si v době hnízdění vyškubávají prachové peří z břicha. Pelikáni a kormoráni zase předávají teplo vejcím velkými plovacími blánami.

U vrubozobých, kurovitých, sov, dravců a některých pěvců sedí na vejcích pouze samice. Výhradně samci sedí na vejcích u pštrosovitých, ostnáků a lyskonohých. Nejčastěji však sedí na vejcích oba partneři a u obou se vyvíjejí hnízdní nažiny.

Délka sezení je u různých druhů ptáků rozdílná. Nejkratší dobu sedí kolibříci, okolo 11 dnů, naopak nejdéle tučňáci císařští až 66 dnů (Andreska, Hanel, 2009).

Vývoj ptačího zárodku (obr.79) je podobný vývoji zárodku plazů, kteří se jako první obratlovci začali trvale rozmnožovat na souši. Tento významný vývojový skok umožňují **zárodečné obaly**.



Vlevo: vývoj ptačího zárodku od 60 hodiny inkubace do 9. dne sezení

Vpravo: proklívání skořápky umožňuje vaječný zub a sval na krku (m.complexus)

Obr. 79 (Veselovský, 2001)

Oplozená vaječná buňka v podobě zárodečného terčíku na pólu žloutkové koule má okrajovou část krytou **ektodermem**, který po 8 hodinách inkubace vytváří primitivní proužek a pod ním se vyvíjí hřbetní struna (chorda). Z ektodermu se postupně vytváří kůže a základy per, nervová tkáň, kostrční žláza, ústní dutina, plíce, konečník, oční čočka a korová vrstva nadledvin.

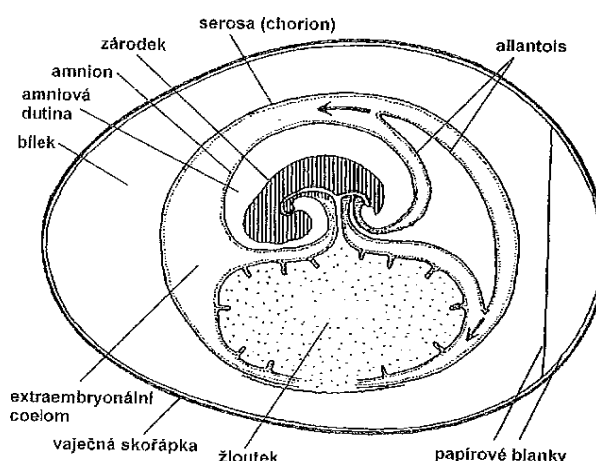
Uvnitř ležící vrstva představuje **entoderm**, ze kterého se vyvíjí část zažívací trubice, žaludek, trávicí a štítné žlázy. Podél primitivního proužku a pod ním se vyvíjí třetí zárodečný list **mezoderm**, který dává vznik svalovině, oběhovému systému, krvinkám, ledvinám a pohlavním orgánům.

Tento zárodek je obalen a uzavřen prvním obalem **amnionem** do dutiny vyplněné tekutinou. Amnionová blána je protkána sítí svalů, které pohyby mísí tekutinu bohatou na soli. V amnionové dutině je také část vaječného bílku, kterou zárodek spolkne před vylíhnutím. Druhý obal **seróza (chorion)** obepíná a kryje amnion.

Třetí obal **allantois** vychází ze zadní části střeva do vaječné dutiny. Zde se ukládá kyselina močová a další odpadní látky. Allantois později srůstá s chorionem a umožňuje dýchání zárodku. Ze **žloutku** je čerpána výživa sítí krevních vlásečnic a předávána zárodku. Proklování skořápky umožňuje vytvořený **vaječný zub** na horní čelisti zobáku a také speciální **krční sval** (*musculus complexus*), který pomáhá zvedat hlavu a zesiluje údery zobáku na skořápku (Veselovský, 2001).

Schéma stavby ptačího vejce:

Postupná expanze třetího obalu allantois během vývoje ptačího zárodku je naznačena šipkami. Zárodek zpočátku leží napříč podélné osy vejce, před začátkem dýchání vlastními plícemi se otočí do podélného směru a hlavou se obrátí pod vzduchovou bublinu v tupém pólu vejce.

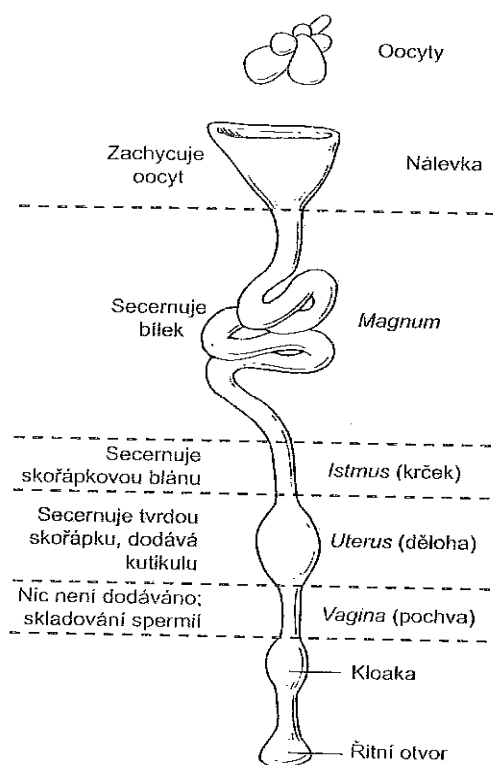


Obr.80

(<http://geologie.vsb.cz/paleontologie/paleontologie/zoopaleontologie/CHORDATA/Aves.s.htm>)

Reprodukční orgány

Samičí pohlavní orgán (obr.81) je tvořen pouze jedním **vaječníkem** (*ovarium*) na levé straně. U některých druhů ptáků můžeme identifikovat i pravý vaječník, ale funkční je vždy pouze levý. Ve vaječníku dozrávají během dospívání vaječné buňky – **primární oocyty** – ve váčcích zvaných folikuly, které při ovulaci prasknou a vajíčko vypadne do břišní dutiny.



Vaječník hroznovitého tvaru je uložen v horní části levé ledviny. Pod vaječníkem se nachází **nálevka** vejcovodu (*infundibulum*) se šterbinovým uzávěrem. Stěny **vejcovodu** (*oviductus*) tvoří hladká kruhovitě uspořádaná svalovina, která svými stahy pomáhá transportu samčích pohlavních buněk po páření a obráceným směrem posunuje vejce dolů. V nálevce dochází k oplození vajíčka, které pak odtud putuje do největší části vejcovodu zvané **magnum**. Vajíčko je zde při průchodu pokrýváno vrstvami bílku. Na konci magna je **úžina** (*isthmus*), kde je vylučovanými bílkovinami vajíčko zabaleno do keratinózní papírové blány.

Předposlední částí vejcovodu je **děloha** (*uterus*). Příčné listy slizničních řas na jejich stěnách dodávají vajíčku vápenitou skořápku. Svěrací sval odděluje dělohu od **pochvy** (*vagina*), jejíž silné stěnové svalstvo pomáhá samicím snášet relativně velká vejce (Reece, 2011).

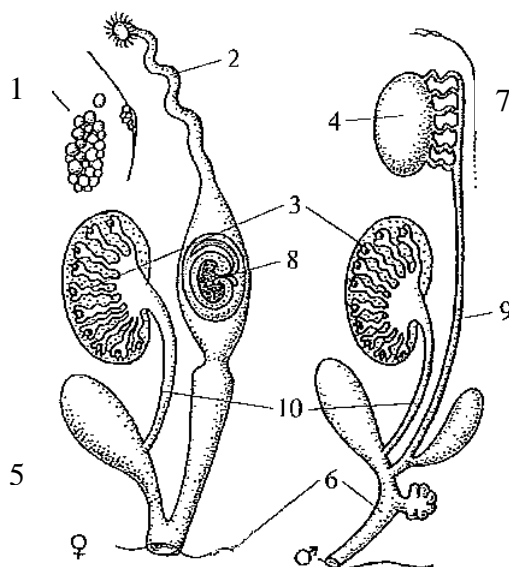
Obr. 81 (Reece, 2011)

Samčí pohlavní orgány - **varlata** (*testes*) - jsou umístěné u předních konců ledvin, přičemž levé varle je větší, ale celkově jsou varlata vzhledem k hmotnosti těla malá, tvoří asi jen 1% této hmotnosti. Varlata mění barvu, v době pohlavního klidu jsou žlutá až černá, zatímco činná jsou bílá. Samčí pohlavní buňky (spermie) se tvoří na Sertoliho buňkách v semenotvorných kanálcích (*tubuli seminiferi*). Mezi těmito kanálky jsou Leydigovy buňky, v nichž se tvoří testosteron.

Dozrálé spermie se hromadí v **nadvarletí** (*epididymis*), odkud vedou souběžně s močovody tenké **chámovody** do kloaky. V kličkách chámovodu je teplota asi o 4°C nižší než v kloace, a proto se zde před kopulací shromažďují spermie, aby byla zachována jejich odolnost a pohyblivost.

Většina ptáků nemá samčí pohlavní orgán, a k oplodnění dochází tzv. **kloakálním polibkem**, což je prostý dotek kloak samce a samice. Výjimku tvoří například snovači, pštrosovití, a zejména vrubozobí ptáci, kteří se páří ve vodě, kde by docházelo k odplavení spermií. Samci mají spirálově doleva stočený pářící orgán, v klidové fázi

umístěný v kloace. K erekci dochází plněním topořivých tělísek lymfou, nikoliv krví, jak je tomu u savců.



Stavba rozmnožovací soustavy:

- 1 – vaječník (ovarium)
- 2 – vejcovod (oviductus)
- 3 – pravá ledvina (metanefros)
- 4 – varle (testes)
- 5 – močový měchýř
- 6 – kloaka
- 7 – nadvarle (epididymis)
- 8 – vajíčko
- 9 – chámovod
- 10- sekundární močovod

Obr. 82 (Smrž a kol., 2004)

I u ptáků s trvalým partnerským vztahem (pěvci), se samice často páří s několika cizími samci po sobě. Zajímavé je, že vejce mohou oplodnit pouze spermie samce, který se se samicí pářil jako poslední. Tak se stává, že vlastní manžel nemusí být otcem všech mláďat, které odchová (Smrž a kol., 2004).

Z tohoto důvodu většina samců v době rozmnožování velmi pečlivě svou samicí hlídá.

Další zvláštností rozmnožování ptáků je kombinace pohlavních chromozomů genotypicky určujících pohlaví. Samec má dva totožné chromozomy ZZ (u savců kombinace XY), naopak samice má chromozomy rozdílné ZW (u savců XX). Pohlaví ptačích potomků závisí tedy plně na matce, spojí-li se chromozomy ZZ, vylíhne se sameček, naopak kombinace chromozomů ZW znamená vylíhnutí samičky.

Podobné určování pohlaví jako u ptáků se vyskytuje ještě u motýlů.

15. Chování a dorozumívání

Ptáci představují jednu z nejlépe poznaných živočišných skupin. Velkou měrou k tomu přispívá skutečnost, že se ptáci řídí převážně zrakovými a akustickými vjemy, což umožňuje seznámit se s průběhem chování během vývoje jedince (ontogeneze), a to jak chováním geneticky vrozeným, tak i získané učením.

Biologická disciplína, zkoumající chování živočichů se nazývá etologie a zahrnuje tři biologické postupy:

- a) fyziologie – mechanismy, které řídí chování
- b) ontogeneze – mechanismy, které ve vývoji vytváří základ chování
- c) ekologie - schopnosti přizpůsobit se prostředí

Základy k ní položili rakouský zoolog Konrad Lorenz a holandský zoolog Niko Tinbergen (Veselovský, 1992).

15.1. Reflexy

Reflexy jsou základní reakce na různé podněty a mají zejména obranný charakter. Jedná se například o kašláni, kýčání, vyvrhnutí nechutné nebo jedovaté potravy, škrábání nohou nebo zobákem, zavírání očních víček nebo stažení zornic při prudkém světle. Reflex je tedy stereotypní odpověď vždy stejná na určitý podnět.

Vrozené pohybové vzorce chování ptáků reagují také na různé podněty, ale reakce mohou být rozdílné podle síly prahové hodnoty podnětu. Například po nasycení ptáci určitou dobu nereagují na další potravní podněty, nebo po kopulaci nereaguje samec na sexuální podněty. Tomuto stavu říkáme akčně specifická únava. U obranného chování se logicky tato nevyskytuje, prahová hodnota se nemusí zvyšovat u podnětů spouštějících obranu.

15.2. Pudy a motivace

Některé genetické vzorce chování jsou u jednotlivých druhů nezaměnitelné, aby nedocházelo k mezidruhovému křížení.

Rozdílné vrozené vzorce chování jednotlivých druhů jsou dány připraveností organismu v potravním, sexuálním a rodičovském okruhu. Tato připravenost vyplývá pro každý okruh ze složitého souboru vnějších a vnitřních vlivů a mluvíme o pudech, nebo o motivaci.

Vnitřními vlivy jsou například reakce na vnitřní receptory, které signalizují hlad a žízeň, nebo hladinu hormonů v krvi, denní nebo roční periodu. Vnějšími vlivy mohou být roční období, atmosférické změny, nebo akustické signály jedinců stejného druhu.

Hlavní motivační systémy jsou potravní chování, rozmnožování, útočné a agresivní chování, obranné a ochranné chování.

15.3. Spouštěče

Vzhledem k velkému množství informací zahlcující organismus každého ptáka je nutné, aby mozek a smysly filtrovaly a vybíraly pouze důležité informace, kterými jsou například přiblížení nepřítele, zdroj potravy, nebo sexuální partner.

Soustava specializovaných nervových buněk v centrální nervové soustavě analyzuje a vybírá z přicházejících podnětů jen ty vhodné.

Tento filtr se odborně nazývá **spouštěcí mechanismus**, který uvádějí v činnost klíčové podněty a může být zcela vrozený, nebo doplněný zkušenostmi a učením.

Ptáci jasně poznají svého nepřítele podle siluety, pohybu, či hlasu. Klíčové podněty musí být zcela srozumitelné a nezaměnitelné při vnitrodruhovém styku. Spouštěče jsou tedy signály, které přímo spouští určité chování, jako například námluvy, stavba hnízda, krmení mláďat, teritoriální chování, varování a další. Spouštěčem tedy mohou být zvuky, vibrace, pachové projevy, zbarvení různých částí těla, nebo různé účelové pohyby.

Velký vliv na chování má samozřejmě i stimulace vnějšími podmínkami, například délkou světelného dne (Veselovský, 2005).

15.4. Konfliktní chování

Pokud dojde ke střetu dvou různých motivací, tedy určitý typ chování je náhle překryt jinou činností (útekem, agresí) dojde ke konfliktní situaci, vyvolávající konfliktní chování. Můžeme rozeznávat tři typy konfliktního chování:

- a) chování ambivalentní – rychlé střídání instinktivních projevů dvou různých motivací, motivace mohou být slabé, projevují se jejich náznaky, například nabízíme-li některému ptáku potravu drženou v ruce, pták pohybuje čelistmi, jako by drtil potravu, ale zároveň se člověka bojí
- b) chování přeorientované – rozpor mezi útočnou a útěkovou motivací, dva útoční samci chrání svá teritoria, ale jeden druhého se i bojí, a tak začnou útočit na trsy trávy a vytrhávají ji ze země
- c) chování přeskokové – nečekané a nepochopitelné reakce, dva kohouti místo rvačky zobají okázale zrní nebo kaménky, nebo místo teritoriálního silným konfliktem mezi motivacemi je pouze dočasně souboj zbrzděn a později k němu dojde v maximální intenzitě, mnohé přeskokové projevy se vývojem ustálily a ritualizovaly

Chování ptáků je podmíněno funkcemi nervového systému a také hormonálními vlivy. Centra vzorců chování se nacházejí v mozgovém kmeni, tedy ve všech částech mozku s výjimkou mozku koncového a mozečku.

15.5. Ontogeneze chování

Vrozené (dědičné) ani získané (naučené) chování se nevyvíjí nezávisle na prostředí, i genetika se mění společně s prostředím. Určitá norma vrozeného chování se uplatní při různých vlivech prostředí v rozdílném rozsahu.

Vrozené chování mláďat lze jednoznačně odlišit od chování dospělých ptáků. První projevy se objevují již během embryonálního vývoje, kdy dochází již v polovině

inkubační doby k samovolným pohybům zárodku. Koncem zárodečného vývoje již embrya reagují nejprve na hmatové a později na zvukové podněty. U mnoha druhů ptáků tak začíná přímý hlasový kontakt ještě ve vejci.

Mezi vrozené instinktivní projevy patří fakt, že se ptáci nemusí učit létat, jak se mnozí lidé mylně domnívají, a podobně je tomu s orientační schopností. Při náhlých změnách životních podmínek mohou však geneticky určené programy zcela selhat, proto je nesmírně důležité doplňovat vrozené normy učení. Ale tento proces závisí víceméně na každém jedinci a je individuální záležitostí, na rozdíl od geneticky určeného programu, který mají všichni příslušníci určitého druhu zakódovaný (Hudec, 1983).

15.6. Učení

U ptáků, kteří patří mezi evolučně mladší živočichy, se učení více uplatnilo oproti genetickým informacím, neboť vyvolané změny vrozených norem chování jsou dlouhodobým procesem, kdežto učení je proces poměrně rychlý.

Z hlediska ekologie a reakcí na změny prostředí, nebo při hledání nových potravních zdrojů je žádoucí co největší a rychlá přizpůsobivost, na rozdíl od konzervativních komunikačních signálů a významných druhových a sexuálních znaků.

Schopnost učení je většinou soustředěna do krátké životní fáze v raném věku, která se nazývá senzitivní perioda.

Učení rozlišujeme na: 1) nutné (obligatorní) – obranné, ochranné a potravní, například rozpoznat jedovaté housenky, hmyz se žihadlem, nebo nezávadnou potravu

2) výběrové (fakultativní) – nové objevy, třeba soužití s člověkem

Typy učení mohou být: a) návyk (habituace) – zvyk na opakovaný podnět, může mít i negativní účinek (zvyk na nebezpečí)

b) podmiňování – učení pokusem a omylem, výsledkem je získaná činnost ku prospěchu jedince

c) napodobování – spontánní opakování odpozorovaného
jednání

d) vhladem – nutnost pochopení souvislostí, překonání
překážky, rozlišování barev a počtů

15.7. Sociální chování

Ptáci se mohou chovat buď jako lovci, nebo jako kořist a tím je rovněž určen jejich způsob obstarávání potravy, způsob ochrany, lokalita výskytu a vztahy mezi jednotlivými druhy.

Ptáci většinou patří mezi živočichy společenské, tráví svůj život v trvalých párech, nebo rodinách a jen málo ptáků je vyloženě samotářských.

Velký význam pro sociální svazky má i agresivní chování. Biologický význam agresivního chování je především v tvorbě sociální hierarchie a v teritoriálním chování. Příkladná péče o mláďata se změní na agresivní vztah, když potomci dospějí. Mladí samci pak nejsou pro otce dětmi, ale možnými soky, což vede k samostatnosti a správné sexuální orientaci. Celkově lze říci, že agresivní projevy jsou zárukou organizace a zdatnosti ptačí společnosti.

Ptáky můžeme dále rozdělit na dva sociální typy. První je **kontaktní**, které strpí a vyhledává tělesný dotyk druhých jedinců. Druhým typem je **distanční**, kterému je tělesný dotyk velmi nepříjemný.

Drtivá většina ptáků patří do druhé distanční skupiny. Většina lidí tuto skutečnost nezná a mazlí se se svými ptačími miláčky, jako s jinými domácími zvířaty. Ptákům je takový dotyk nejen velmi nepříjemný z důvodu distančnosti, ale také jsou nuceni velmi dlouho upravovat rozčuchanou jemnou strukturu opeření. Další zajímavý důkaz nevšímavosti k přírodě dokazují někteří výtvarníci, kteří kreslí v dětských knihách a kreslených filmech vlaštovčí hejna, kde ptáci sedí na drátech natlačeni jeden na druhého. Opak je pravdou, vlaštovky důsledně zachovávají odstupy několik centimetrů (Veselovský, 2001).

15.8. Ptačí dorozumívání

Vyhledávání a soužití partnerů, ale též varování před nepřítelem zajišťuje vzájemná biokomunikace, tedy přenos informace mezi dvěma jedinci a výzva ke kooperaci. Vysílané signály v biokomunikaci mohou být optické nebo akustické a nemají účel manipulovat partnerem.

Jednoduché a jednoznačné signály se nazývají **digitální** a obvykle na ně existuje jediná odpověď. Tyto signály rozlišují příslušníka stejného druhu, uplatňují se při námluvách a výběru partnera, nebo při péči o mláďata.

Signály proměnlivé, které informují i o motivaci vysílajícího, se nazývají **analogní (graduální)** a jsou to například signály varující před nebezpečím. Právě díky motivaci jsou srozumitelné i pro jiné druhy.

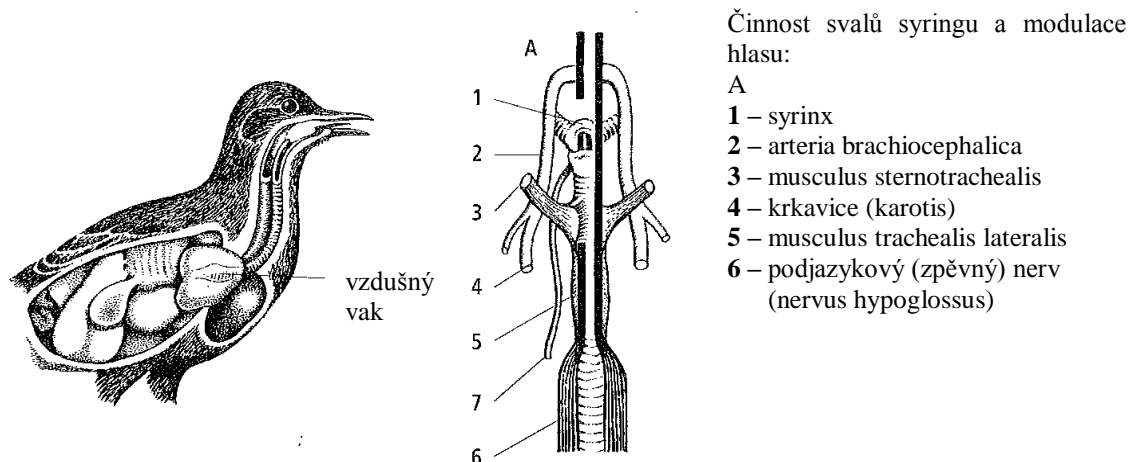
Optická komunikace je vlastně součástí ptačího vzhledu, především zbarvení samců doplněné ještě výraznými rituálními pohyby. Mnozí ptáci jsou schopni registrovat i ultrafialovou část světelného spektra, čímž se optické signály stávají více nápadnější.

Akustická komunikace je u ptáků velmi variabilní. Charakteristika ptačích hlasových projevů pomocí slabik či slov však není správná, neboť až na malé výjimky neobsahuje ptačí zpěv čisté tóny, ale z fyzikálního hlediska se jedná o šumy (Hanel, Andreska, 2009).

Přesto lze hlasové projevy ptáků klasifikovat buď jako volání nebo zpěv. **Volání** jsou krátké signály sdělující varování, bolest, žádost o potravu a další. **Zpěvem** označujeme delší a opakující se hlasové projevy při teritoriálním chování a při námluvách.

Ptáci vysílají zvukové signály v širokém frekvenčním pásmu, které umožňuje buď příjemci stejného druhu přesně lokalizovat polohu vysílajícího, a nebo naopak velmi vysoké výstražné signály mají malý dosah a snadno je odfiltruje listí stromů a sluchový orgán dravce letícího nad korunami je často ani nepostřehne.

Ojedinělý orgán ptáků vytvářející zvukové signály se nazývá **syrinx** (původ tohoto názvu je podle písťalky boha lesů, pastvin a pastevců Pana). Je umístěn na konci průdušnice (nikoliv v hrtanu) v místě jejího rozdvojení a je pokryt vzdušnými vaky.



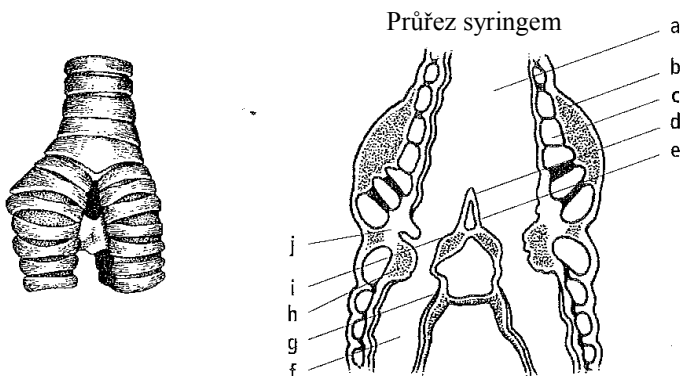
Obr. 83 (Veselovský, 2001)

Organicky je napojen na dýchací systém a je tvořen válcovitým **bubínkem** (*tympanum*) ovládaným vnějšími svaly, odstupujícími od klíční a prsní kosti. Jsou aktivovány **podjazykovým nervem** (*nervus hypoglossus*) a působí na změnu délky a světlosti průdušnice.

Uvnitř vyčnívá do prostoru bubínku **trámec** (*pessulus*), na jehož vrcholu je umístěn **hlasivkový jazýček** (*membrana semilunaris*). Pod trámcem jsou umístěny **vnitřní bubínkové blány** (*membrana tympaniformis medialis*), kterých je 7 až 9 a jsou nejvýznamnějšími tvůrci hlasu. Kmitání těchto blan je způsobeno zvětšením objemu a tlaku v **meziklíčkovém vzdušném vaku**, a jejich rozechvěním vzniká vlastní hlasový projev. Zvyšuje se také rychlost vdechovaného a vydechovaného vzduchu z důvodu zmenšení světlosti průdušnice (Veselovský, 2005).

Hlasový orgán ptáků syrinx:

- a – průdušnice
- b – zpěvné svaly
- c – chrupavčité prstence
- d – jazýček (mem.semilunaris)
- e – trámec (pessulus)
- f – průduška
- g – vnitřní bubínková blána
- h – vnější hlasivkový pysk
- i – vnitřní hlasivkový pysk
- j – vnější bubínková blána



Obr. 84 (Veselovský, 2005)

16. Biorytmy a migrace

Životně důležité biorytmy mají zásadní souvislost s vnějšími oscilacemi, jako je střídání světla a tmy, příliv a odliv, měsíční cykly, střídání teplot a podobně. Tyto vnější cykly nazýváme časovače a podílí se na řízení vnitřních rytmů organismu.

Svou délkou odpovídají vnitřní biorytmy přibližně pravidelně se opakujícím vnějším faktorům. V době rozmnožování se však biorytmus oproti časovači předbíhá, protože aktivita ptáků začíná dlouho před východem slunce.

Můžeme tedy rozlišit rytmy denní (cirkadiánní), přílivové (circatidální), měsíční (circalunární) a roční (circanuální). Denní rytmy jsou víceméně vrozené, pokud by pták s denní aktivitou byl umístěn a izolován ve stálém světle, jeho denní rytmus zůstane zachován (Losos, 1985; Dierk, 1996).

Převážná část ptačích druhů je aktivní ve dne. Během dne se střídají aktivní fáze s fázemi klidu. Největší aktivita u denních ptáků je po probuzení a pak před uložením ke spánku.

Nezanedbatelný význam v řízení rytmů má žláza s vnitřní sekrecí epifýza na horní části mezimozku. Tato žláza se postupně vyvinula z třetího temenního oka, které dávalo mozku informace o intenzitě a vlnové délce dopadajícího světla.

V určitých periodách dochází k výrazné změně denního rytmu. Změny mohou být způsobeny rozdílnými délkami světelného dne v polárních oblastech a v mírném pásmu, nebo při tahu se aktivita přesouvá do nočních hodin, dále to může být nedostatek potravy, či péče o mláďata (Kvasničková, 1997, Veselovský, 2005).

16.1. Ptačí orientace

Navigace ptáků dodnes není plně a uspokojivě vyřešena. Ptáci k orientaci využívají vnitřní hodiny a sluneční kompas, při zatažené obloze s hustými nízkými mraky schopnost navigace mizí (podle G. Kramera – zřítíl se v Řecku ze skalní stěny při pokusech právě s orientací).

Ptáci se také dovedou orientovat podle hvězd při jarním a podzimním stěhování v noci. Tento způsob však není vrozený, mláďata se tento způsob orientace naučí v senzitivní periodě ještě při pobytu v hnízdě.

Dlouho se pochybovalo o možnosti orientace podle zemského magnetismu, ale moderní technika dokázala, že se některé druhy ptáků (například červenky) řídí magnetickou inklinací, což je úhel mezi vodorovnou rovinou a linií magnetického pole v daném místě.

Orientace podle magnetického pole je základní vrozenou vlastností ptačího organismu a užívá tento způsob orientace i při zatažené obloze. Sluneční a hvězdný kompas pouze doplňuje a zpřesňuje navigaci a dotváří naprosto dokonalý orientační systém.

I dnes však zůstává otázkou, jak ptáci magnetické pole vnímají. Jednou možností by mohl být hřebínek v oku ptáků, ale pravděpodobnější možnost je vnímání pomocí šišinky mozkové.

16.2. Migrace

Stěhování ptáků (migrace) souvisí přímo s vnitřními hodinami a schopností orientace. Vzhledem k letovým schopnostem ptáci mohou každoročně překonat dlouhé cesty z míst hnízdění do přechodných zimovišť.

Zdaleka ne všichni ptáci jsou ale tažní, je i mnoho druhů stálých ptáků. Zvláštní skupinou jsou ptáci potulní, kteří odlétají na kratší vzdálenosti od místa hnízdění zejména v podzimní a zimní době.

Typickými tažnými ptáky, kteří se každoročně přemísťují do vzdálených zimovišť a na jaře se pravidelně vracejí do své domoviny, jsou například rorýsy, kukačky, čápi, vlaštovky, jiřičky, pěnice, rybáci, nebo žluvy.

Určitým druhem stěhování je také disperze (rozptýlení), která bývá důsledkem přehuštnosti populace v době po vyhnízdění (Andreska, Hanel, 2009).

V rámci studia migrace ptáků označil poprvé v roce 1890 dánský učitel Ch.C.Mortensen špačky zinkovými kroužky, které byly později nahrazeny kroužky hliníkovými. Tato metoda se ujala po celém světě a začaly vznikat kroužkovací stanice. Vzhledem k tomu, že nález kroužkovaného ptáka je víceméně náhodný, zpětná hlášení o pohybu ptáků činí asi jen 3% z celkového počtu okroužkovaných ptáků.

V současné době se začíná prosazovat metoda telemetrie, kdy je na těle ptáka upevněna velmi malá vysílačka, která je schopna registrovat nejen letovou dráhu, rychlost a dobu odpočinku, ale i tepovou frekvenci a teplotu těla.

Vzdálenosti přeletů se u evropských pěvců pohybuje okolo 5 000 km, ale například americký vlhovec bobolink odlétá z jižní Kanady až do severní Argentiny, což představuje vzdálenost okolo 10 000 km. Radarem zjištěné výšky tahů kolísají od 200 do 8 000 m, podle množství kyslíku vázaného hemoglobinem.

Směr a délka letu je pro různé druhy ptáků geneticky fixována.

Klimatické podmínky, výhodnější potravní a tepelné podmínky například v městských aglomeracích umožňují přezimování druhů, které dříve pravidelně táhly, nebo některé druhy alespoň podstatně zkracují vzdálenosti změnou původního zimoviště za nové, což posléze umožňuje dolétnout do místa hnízdění bez ztrát a v lepší kondici.

Přestože jsou ptáci jedním z nejvíce poznáných druhů živočichů, stále zůstává mnoho nezodpovězených a diskutabilních otázek ze života a chování ptáků. Vzhledem k jejich dokonalému přizpůsobení a obrovské rozmanitosti druhů budou pravděpodobně ještě dlouho objevovány nové skutečnosti, které nás budou znovu a znovu překvapovat (Veselovský, 2001).

17. Praktická část

Praktická část magisterské diplomové práce je založena na principu pedagogického experimentu, kdy na základě předpokládané a zdůvodněné hypotézy sledované úrovně vzdělávacího procesu v teoretické poloze experimentálně ověříme stav znalostí studentů referenčních tříd SŠ a v rámci projektové hodiny, za použití prezentací sestavených podle teoretické části této diplomové práce a využití metody aktivní role studentů při výuce, zvýšíme efektivitu edukačního procesu biologie v oblasti ornitologie. Tuto hypotézu metodického ztvárnění projektové hodiny posoudíme na závěr opakovaným výstupem dotazníkové metody, její analýzou a zhodnocením (Maňák, 1994)

Praktickou část, jinými slovy přirozený pedagogický experiment, lze rozdělit na čtyři základní linie:

- a) Dotazníkovou metodou zmapovat úroveň znalostí studentů v problematice ornitologie a konstatovat určitý stav.
- b) Realizovat projektovou hodinu s ohledem na vybraný typ školy a věkovou kategorii studentů těchto referenčních tříd a s důrazem na zjištěné nedostatky.
- c) Dotazníkovou metodou ověřit míru efektivity realizované formy projektové hodiny.
- d) Vyhodnocení výstupů a jejich zhodnocení

17.1. Rámcový vzdělávací program

Obecná charakteristika

V uplynulé době bylo školství obecně ze strany společnosti podrobováno poměrně silné kritice, týkající se způsobu výuky, struktury a obsahu učiva, proto bylo nutné v rámci reformy školství provést některé změny.

Tuto kritiku však nebylo možné plošně zobecnit, jak obvykle bývalo zvykem, neboť v celé problematice bylo více faktorů, ovlivňujících at' již kladně nebo záporně míru znalostí studentů středních škol. Nejen způsob jakým bylo učivo studentům předáváno,

metodické ztvárnění konkrétní hodiny, nebo povědomí samotných učitelů, ale také typ školy, její vedení a cíle byly těmito faktory. Z těchto důvodů bylo součástí reformy školství přenesení více pravomocí a samostatnosti na konkrétní školy, které si navrhnou své vlastní školní vzdělávací programy, které jsou základním kamenem kurikulární reformy školství.

Školní vzdělávací programy (ŠVP) vychází z Rámcových vzdělávacích programů (RVP), které jsou pro tvorbu ŠVP závazné. Jsou kurikulárními dokumenty na státní úrovni, které normativně definují obecný rámec pro jednotlivé vzdělávací etapy (pozn.: úplné znění RVP – viz <http://www.msmt.cz/vzdelavani/skolskareforma/ramcove-vzdelavaci-programy>).

RVP vycházejí z nové strategie vzdělávání, která určuje základní kompetence, jejich provázanost se vzdělávacím obsahem a uplatnění získaných vědomostí a dovedností v praxi. Vycházejí z koncepce celoživotního učení. Formulují předpokládanou úroveň vzdělání stanovenou pro všechny absolventy jednotlivých etap vzdělávání. Podporují pedagogickou autonomii škol a profesní odpovědnost učitelů za výsledky vzdělávání.

Dalšími dokumenty na úrovni škol jsou učební plány a učební osnovy, jejíž součástí je v oblasti Biologie živočichů v podkmeni Obratlovci také třída Ptáci (Aves).

V rámci RVP pro gymnázia patří ptáci do vzdělávací oblasti *Člověk a příroda*, vzdělávacího oboru *Biologie* a tematického celku *Biologie živočichů*, zařazované do 2., nebo 3. ročníku čtyřletého studia.

17.2. Metodické ztvárnění projektové hodiny

Základem projektové hodiny je přednáška s podrobnějším výkladem vybraných částí určených podle výsledků vstupního dotazníku a s tím spojené s promítáním prezentace.

Studenti se na výuce aktivně podílí odpovídáním na krátké doplňující otázky.

Koncepce celé hodiny vychází z informací obsažených jednak v teoretické části diplomové práce a jednak v učebnicích běžně užívaných při výuce v referenčních

třídách. Cílem prezentace je utvrzení a rozšíření znalostí z oblasti anatomie a morfologie ptáků. Prezentace v papírové formě (viz přílohy 22.6. X. str. 166, XI. Str. 203) v elektronické podobě na přiloženém CD.

17.3. Metodika zjištění úrovně znalostí na SŠ

17.3.1. Obecné principy tvorby dotazníků

Dotazníková metoda je jedním z nejužívanějších systémových prostředků pro získání informací z různých pedagogických průzkumů. Skládá se ze série otázek, jejichž cílem je získat názory a fakta od respondentů (Řezanková, 2007). Prostřednictvím dotazníků je možné rychle, levně a vcelku objektivně získat potřebné informace, jednoduše je zpracovat, vyhodnotit a vyvodit příslušné důsledky na rozdíl od jiných metod průzkumů, jako jsou například různé varianty pohovorů.

Při sestavování dotazníků je třeba zohlednit následující základní aspekty:

a) Struktura – Dotazník by měl být přehledný a srozumitelný, jednoduše vyplnitelný, aby nebyl student hned v úvodu demotivován například dlouhými jazykově obtížnými otázkami. Důraz je třeba také klást na grafickou úpravu, pokusit se na první pohled upoutat pozornost studenta (například obrázkem).

b) Stanovení cíle – Definice cíle musí být jasná od počátku tvorby dotazníku. Cíl musí být dosažitelný a srozumitelný. V opačném případě by dotazník nesplnil předpokládané očekávání a byl by zbytečnou ztrátou času.

c) Délka vyplňování – Aby byla zachována pozornost studentů, dotazník by měl obsahovat maximálně do 25 otázek, a čas pro dobu vyplňování odpovědí okolo 20 minut. Někdy je obecně uváděna délka dotazníku v rozmezí 40 až 50 otázek, ale tento počet zpravidla dotazovaného studenta odradí a vede k jeho nesoustředěnosti.

d) Formulování otázek – Jsou čtyři hlavní zásady formulování otázek:

1. Jednoznačnost – krátké, výstižné formulace otázek, nepoužívat mnohoznačné výrazy, dvojité záporny, pravděpodobnostní obraty apod.

2. Srozumitelnost – otázky formulovat s ohledem na věkovou kategorii studentů, nepoužívat příliš vědecké konstrukce, vžít se do role dotazovaného.
3. Stručnost - používat stručné věty, bez vícenásobných větných členů.
4. Validnost – dbát na to, aby formulace otázky přímo nenapomáhala ke správné odpovědi, snižujeme tím podíl samostatnosti studenta.

Otázky v dotazníku mohou být:

1. otevřené – odpovědi jsou volné a zcela závislé na respondentovi
2. uzavřené - výběr z několika variant odpovědi, nepřímé vedení respondenta
3. polouzavřené (polootvřené) - kombinace obou předchozích typů.

e) Výhody dotazníku – rychlá a levná metoda průzkumu, jednoduše se zpracovává a vyhodnocuje, jedna z nejméně dotěrných metod, student není stresován přímými otázkami, pokud se jedná o obecné zjišťování skutečností, může být dotazník anonymní.

f) Nevýhody dotazníku – chybí verbální komunikace, zjištění širších souvislostí výstupů, což v určitých situacích může vést k jednostrannému, nebo i mylnému hodnocení studenta.

17.3.2. Tvorba dotazníku pro SŠ (gymnázia)

Při sestavování dotazníku byl kladen důraz zejména na specifické znaky ptáků, které se u jiných živočišných druhů buď nevyskytují, nebo pouze výjimečně v omezeném množství.

Referenční třídy pochází ze státního gymnázia v Praze, soukromého gymnázia v Praze a státního gymnázia v Mladé Boleslavi, u kterého základní výuka biologie je rozšířena o hodiny biologického semináře. U všech tříd se jedná o 3. ročníky čtyřletého cyklu studia.

Dotazník, (viz přílohy 22.2. III. str. 148) byl vytvořen podle uvedených obecných principů tvorby dotazníku pro studenty SŠ v kapitole 17.2.1.

Cílem dotazníku je zjistit úroveň znalostí žáků referenčních tříd pražských gymnázií ve státním i soukromém sektoru před realizací projektové hodiny a po jejím ukončení a vyhodnotit efektivitu transparentní výuky a teoretické části diplomové práce jako doplňkového materiálu. Výsledky šetření budou porovnány se znalostmi studentů gymnázia v mladé Boleslavi.

Vycházíme z provedené SWOT analýzy učebnic (viz kap. 17.3.3): *Biologie pro gymnázia* (Jelínek, Zicháček 2000), *Zoologie* (Papáček, Matěnová, Matěna, Soldán 2000), *Biologie živočichů pro gymnázia* (Smrž, Horáček, Švátora 2004), které jsou součástí příloh a jejich podrobnějšího prostudování. Teoretické poznatky byly čerpány z odborné literatury (Veselovský, 2001). Dotazník obsahuje otázky jak otevřeného, tak i uzavřeného typu. Jednotlivé otázky jsou hodnoceny jako správná, resp. nesprávná odpověď. Dotazník určený 2 a 3. ročníkům čtyřletého gymnázia také obsahuje 21 otázek. Součástí přiloženého dotazníku jsou i správné odpovědi na uvedené otázky.

Otázky z okruhu Biologie živočichů / Obratlovci / Ptáci jsou voleny tak, aby zhruba respektovaly průřez celou problematikou anatomie a morfologie ptáků. Takto lze prověřit všeobecné povědomí o daném tématu a zvýšit úroveň obecných znalostí o této problematice. Otázky v dotazníku byly tvořeny za pomoci školní i odborné literatury, zejména *Biologie pro gymnázia* (Jelínek, Zicháček 2000), *Zoologie* (Papáček, Matěnová, Matěna, Soldán 2000), *Obecná ornitologie* (Veselovský 2001).

17.3.3. SWOT analýza učebnic SŠ (gymnázií)

SWOT analýza je metoda, pomocí které se definují silné a slabé stránky (strengths and weaknesses), příležitosti a obtíže (opportunities and threats) spojené s určitým oborem, nebo tématem sledovaného projektu. Byla použita metoda popsaná Hendlem (2009).

Předmětem této analýzy byly tyto učebnice:

Biologie pro gymnázia (Jelínek, Zicháček 2000)

Zoologie (Papáček, Matěnová, Matěna, Soldán 2000)

Biologie živočichů pro gymnázia (Smrž, Horáček, Švátora 2004)

Učebnice byly SWOT analýzou hodnoceny po stránce obsahové, obrazové, vizuální. Součástí hodnocení je také přehlednost s ohledem na věkovou kategorii studentů a z toho plynoucí orientace a úroveň znalostí studentů.

Vhodným doplňkem každé učebnice by měly být příručky pro učitele, případně pracovní sešity pro studenty. Obecně je uváděna poměrně značná efektivita těchto doplňků, proto je i toto hledisko součástí hodnocení.

Provedená analýza viz. přílohy 22.3. IV. str. 152, V. str.154, VI. str. 156

17.3.4. Metodika vyhodnocování

Studenty vyplněné dotazníky, zpracované jak před realizací projektové hodiny, tak i po jejím ukončení, byly vyhodnoceny na základě součtu správných odpovědí přiřazených jednotlivým otázkám. Správné odpovědi byly sečteny a procentuálně vyhodnoceny. Výsledky hodnocení jsou znázorněny v tabulkách č. 1 a č. 4 a grafech č. 1 a č. 2.

Dalším výsledkem bylo skupinové hodnocení studentů. Podle dosažených výsledků byli studenti se stejným počtem správných odpovědí zařazeni do skupiny a tato skupina byla procentuálně zařazena do celku.

Poslední tabulka uvádí porovnání úspěšnosti studentů mezi jednotlivými školami. Z tabulky je patrný celkový počet dosažených bodů všemi studenty v konkrétní škole a tento počet je zpracován procentuálně a přepočítán na průměrný počet dosažených bodů na jednoho žáka.

18. Výsledky a diskuse

18.1. Výsledky prvního šetření

Pro analýzy byly vybrány jako cílové skupiny studenti 3. ročníků státního gymnázia v Praze (50 studentů) a soukromého gymnázia v Praze (50 studentů). U obou gymnázií se hodnotily znalosti studentů, které byly získány během běžné výuky v hodinách biologie. Výsledky vědomostí studentů obou škol byly porovnány se znalostmi studentů 3. ročníků gymnázia v Mladé Boleslavi, kteří kromě běžné výuky navštěvovali biologický seminář (19 studentů). U pražských škol biologické semináře navštěvovali až studenti 4. ročník, tj. maturitní ročníky.

Vědomosti respondentů byly posuzovány na základě testu, který obsahoval 21 otázek věnovaných převážně anatomii a morfologii ptáků. Konkrétní znění všech otázek lze nalézt v kapitole přílohy (dotazník 22.2. III. str. 148).

Získané údaje o školních znalostech lze považovat spíše za orientační s ohledem na ne příliš vysoký počet respondentů. Je však pravděpodobné, že by se data na dalších školách příliš nelišila.

V následující tabulce jsou přehledně uvedeny výsledky všech tří sledovaných skupin respondentů.

Tabulka 1 obsahuje výsledky 1. dotazníkového šetření. Vyhodnocení uváděné v tabulce odpovídá absolutnímu a procentuálnímu vyjádření správných odpovědí u jednotlivých otázek (hraniční hodnoty jsou: 100% = všechny odpovědi jsou správně, 0% = všechny odpovědi jsou špatně). Počet studentů v obou pražských gymnáziích byl 50, počet studentů gymnázia Mladá Boleslav byl 19.

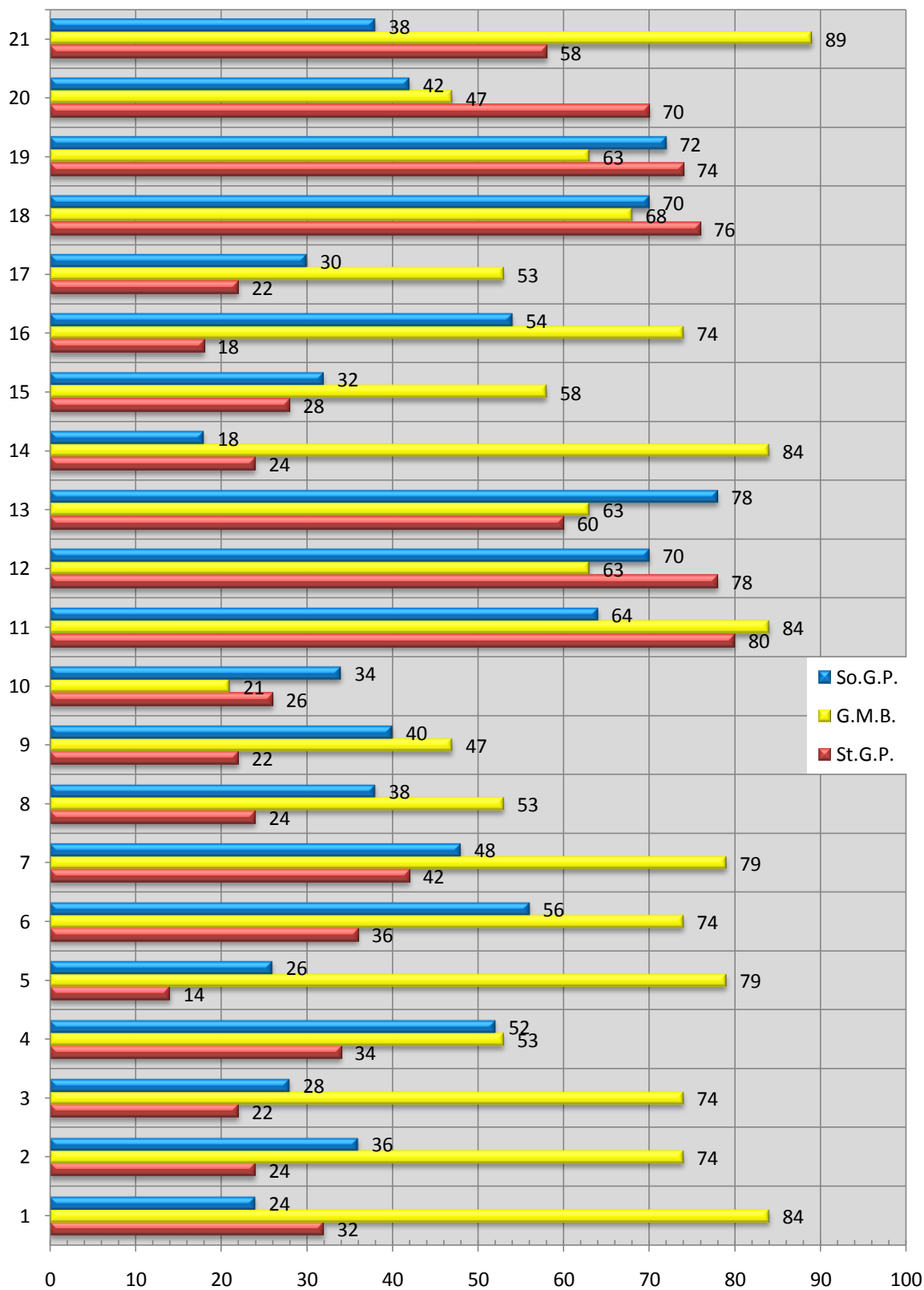
Tab. 1: Absolutní a procentuální vyjádření správných odpovědí u jednotlivých otázek.

Otázka	Státní gymnázium Praha		Soukromé gymnázium Praha		Gymnázium Mladá Boleslav	
	Správná odpověď	%	Správná odpověď	%	Správná odpověď	%
1	16	32	12	24	16	84
2	12	24	18	36	14	74
3	11	22	14	28	14	74
4	17	34	26	52	10	53
5	7	14	13	26	15	79
6	18	36	28	56	14	74
7	21	42	24	48	15	79
8	12	24	19	38	10	53
9	11	22	20	40	9	47
10	13	26	17	34	4	21
11	40	80	32	64	16	84
12	39	78	35	70	12	63
13	30	60	39	78	12	63
14	12	24	9	18	16	84
15	14	28	16	32	11	58
16	9	18	27	54	14	74
17	11	22	15	30	10	53
18	38	76	35	70	13	68
19	37	74	36	72	12	63
20	35	70	21	42	9	47
21	29	58	19	38	17	89

Zelená čísla odpovídají výsledkům otázek, ve kterých studenti nejméně chybovali, naopak červená čísla upozorňují na otázky, kde se chybovalo nejvíce.

Pro lepší přehlednost a snadnější posouzení výsledků jednotlivých škol byly vytvořeny z hodnot v tabulce 1 sloupcové grafy, znázorňující procentuální množství správných odpovědí pro každou otázku (graf 1). Sloupce znázorněné modrou barvou představují výsledky studentů soukromého gymnázia Praha, žlutá výsledky studentů gymnázia v Mladé Boleslavi a červená představuje výsledky studentů státního gymnázia v Praze.

Graf 1: Procentuální úspěšnost odpovědí u každé otázky pro jednotlivá gymnázia
 (St.G.P. = státní gymnázium Praha; So.G.P. = soukromé gymnázium Praha;
 G.M.B. = Gymnázium Mladá Boleslav)



Z grafu 1 a tabulky 1 vyplývá výrazná úspěšnost odpovědí studentů gymnázia v Mladé Boleslavi, kteří nejlépe odpověděli na 15 otázek z celkových 21 otázek. U některých otázek správnost odpovědí studentů z Mladé Boleslavi dokonce výrazně převyšovala správné odpovědi zbývajících škol. Jednalo se o otázky týkající se evoluce ptáků

(otázky 1 a 2) a otázky zaměřené na anatomii ptáků (otázky 3,5,6,7,14,16,21). Z toho lze jednoznačně potvrdit rozsáhlejší znalosti dané problematiky u studentů gymnázia Mladá Boleslav díky doplňkové výuce v biologickém semináři.

V otázkách vyžadujících logické zamýšlení nad výběrem vhodné odpovědi se rozdíl v procentech správných odpovědí studentů jednotlivých škol vyrovnaly (otázky 12,18,19).

Studenti státního gymnázia v Praze byli v 1. šetření nejúspěšnější v otázce č. 11 „ Proč nemají ptáci na rozdíl od savců bránici?“ (80% správných odpovědí). Jelikož velmi dobře dopadla i otázka č. 12, zaměřená také na dýchací soustavu, lze tuto skutečnost vysvětlit tím, že byla dýchací soustavě věnována při výuce dostatečná pozornost.

Studenti soukromého gymnázia v Praze nejméně chybovali u otázky č. 13 „ K čemu slouží některým ptákům kaménky ve svalnatém žaludku?“ (78% správných odpovědí). Vzhledem k tomu, že v dané otázce byla vyšší úspěšnost i u zbylých dvou škol, můžeme předpokládat, že tato informace je studentům všeobecně známá.

Nejvíce bodů získali studenti biologického semináře gymnázia v Mladé Boleslavi u otázky č. 21 „Červené krvinky ptáků se potřebují rychleji množit, proto mají na rozdíl od savců JÁDRO.“ (89% správných odpovědí). Tato skutečnost lze vysvětlit tím, že tato informace se nachází v učebnici a učitel ji zřejmě zdůraznil.

Studenti státního gymnázia v Praze nejvíce chybovali u otázky č. 5 „Kvůli zpevnění a větší ploše pro úpony svalů srůstají bederní a křížové obratle v tzv. SYNSACRUM, které pevně srůstá s pánví.“ (14% správných odpovědí) Neúspěšnost je možné vysvětlit tím, že během výuky byli studenti informováni o srůstu některých obratlů ptačí páteře, ale na název vzniklého kostního útvaru nebyl kladen důraz.

U studentů soukromého gymnázia v Praze byla nejméně úspěšná otázka č. 14 „Bakteriální mikroflóra ve střevech zajišťují:“ (18% správných odpovědí). Tuto skutečnost lze vysvětlit např. tím, že učitel tuto informaci nezmínil, přesto, že se v učebnici nachází.

Nejméně bodů dosáhli studenti gymnázia v Mladé Boleslavi v otázce č. 10 „Proč ptáci ve spánku nespadnou z větve?“ (21% správných odpovědí). Tuto skutečnost lze vysvětlit tím, že i když je daná informace uvedena a vysvětlena v učebnici, nebyla jí v hodině věnována pozornost.

Tabulka 2 obsahuje absolutní množství studentů a procentuální množství studentů, kteří dosáhli jednotlivé počty bodů v zadaném testu na státním a soukromém gymnáziu v Praze a na státním gymnáziu v Mladé Boleslavi.

Tab. 2: Výsledky 1. šetření na jednotlivých školách podle výše dosažených testových bodů.

Body	Státní gymnázium Praha		Soukromé gymnázium		Gymnázium Mladá Boleslav	
	Počet studentů	%	Počet studentů	%	Počet studentů	%
21 - 18	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	1	5
16	0	0	0	0	3	16
15	0	0	1	2	4	21
14	0	0	2	4	4	21
13	2	4	2	4	3	16
12	2	4	4	8	2	11
11	4	8	4	8	1	5
10	5	10	6	12	0	0
9	9	18	7	14	0	0
8	13	26	12	22	1	5
7	11	22	10	20	0	0
6	3	6	2	4	0	0
5	1	2	0	0	0	0
4 - 0	0	0	0	0	0	0

Z 1. dotazníkového šetření vyplynulo, že nejvíce studentů státního gymnázia v Praze dosáhlo hranice 8 bodů a to 13 studentů z celkového počtu 50. Na soukromém gymnáziu v Praze dosáhlo nejvíce studentů také hranice 8 bodů a to celkem 12 studentů.

V biologickém semináři na gymnáziu v Mladé Boleslavi dosáhlo v dotazníku nejvíce studentů hranice 14 a 15 bodů a to vždy 4 studenti z celkového počtu 19.

Nejvyššího počtu bodů dosáhli na státním gymnáziu 2 studenti, a to 13 z 21 možných. Na soukromém gymnáziu byl nejvyšší dosažený počet bodů 15, kterého dosáhl jen jeden student. Na gymnáziu v Mladé Boleslavi nejvyšší počet správných odpovědí (17) získal jeden student.

Tabulka 3 znázorňuje celkový počet získaných bodů (z 1050 možných) v 1. dotazníkovém šetření, celkovou procentuální úspěšnost a průměrný počet dosažených bodů pro státní a soukromé gymnázium. Výsledky jsou porovnány se získanými body (z 399 možných), celkovou procentuální úspěšností a průměrným počtem dosažených bodů pro gymnázium Mladá Boleslav

Tab. 3: Celkový počet získaných bodů, celková procentuální úspěšnost škol a průměrný počet dosažených bodů

Škola	Celkové body	%	Průměr bodů
Státní gymnázium Praha	432	41,15	8,64
Soukromé gymnázium	475	45,24	9,5
Gymnázium Mladá Boleslav	263	65,90	13,84

Z tabulky 3 je patrné, že úroveň znalostí získaných během běžné výuky je výrazně nižší (41% úspěšnost státní gymnázium Praha, 45% úspěšnost soukromé gymnázium Praha) než úroveň vědomostí získaných běžnou výukou doplněnou o informace z biologické sekce (65,9 % úspěšnost gymnázium Mladá Boleslav).

Výsledky byly částečně zkresleny tím, že učební látka na uvedené téma byla probírána koncem listopadu a začátkem prosince, zatímco prezentované testy byly rozdávány začátkem března. Dá se tak předpokládat, že část vědomostí studenti zapomněli.

Přesto závěry šetření ukázaly, že vědomosti anatomie a morfologie ptáků získané běžnou výukou, jsou nedostačující. Studenti ani nevyužívají rozsáhlý potenciál informací z učebnic. Nemají tak dostatečné znalosti o evoluci ptačích orgánů a tedy ani dostatek poznatků o rozdílu mezi stavbou těla plazů, ptáků a savců. Nejsou schopni přesně charakterizovat všechny znaky ptačího těla a anatomické změny orgánů, které umožňují ptákům, jako jediným obratlovcům (kromě netopýrů), létat. Pokud některé znaky a anatomické změny znají, umí je jen vyjmenovat, ale nevědí, proč tomu tak je. (otázka 7 a 13). Rovněž učebnice pro gymnázia (uvedené v příloze) přes rozsáhlé množství informací toto vysvětlení nepodávají.

Běžná výuka v hodinách biologie, jako i učebnice biologie, jsou příliš zaměřeny na vyjmenování jednotlivých řádů ptáků a jejich zástupců, soustřeďují se na pouhý popis stavby těla ptáků, na ekologii ptáků a popis jejich způsobu života, ale neobjasňují, co vede k tomuto způsobu života a k této stavbě těla. Vedou studenty pasivněji přijímat informace bez hlubšího zamyšlení nad jednotlivými souvislostmi.

Proto byly vytvořeny dvě prezentace na téma anatomie a morfologie ptáků, na základě kterých si studenti obou pražských gymnázií měli rozšířit svoje vědomosti na danou problematiku. Po realizaci dvou projektových hodin s prezentacemi studenti znovu vypracovali test. Výsledky vyhodnocených testů jsou uvedeny v tabulce 4.

18.2. Výsledky druhého šetření

Tabulka 4 obsahuje výsledky 2. dotazníkového šetření, kterého se zúčastnili studenti 3. ročníků státního gymnázia v Praze (50 studentů) a soukromého gymnázia v Praze (50 studentů). Vyhodnocení uváděné v tabulce odpovídá absolutnímu a procentuálnímu vyjádření správných odpovědí u jednotlivých otázek (hraniční hodnoty jsou: 100% = všechny odpovědi jsou správně, 0% = všechny odpovědi jsou špatně).

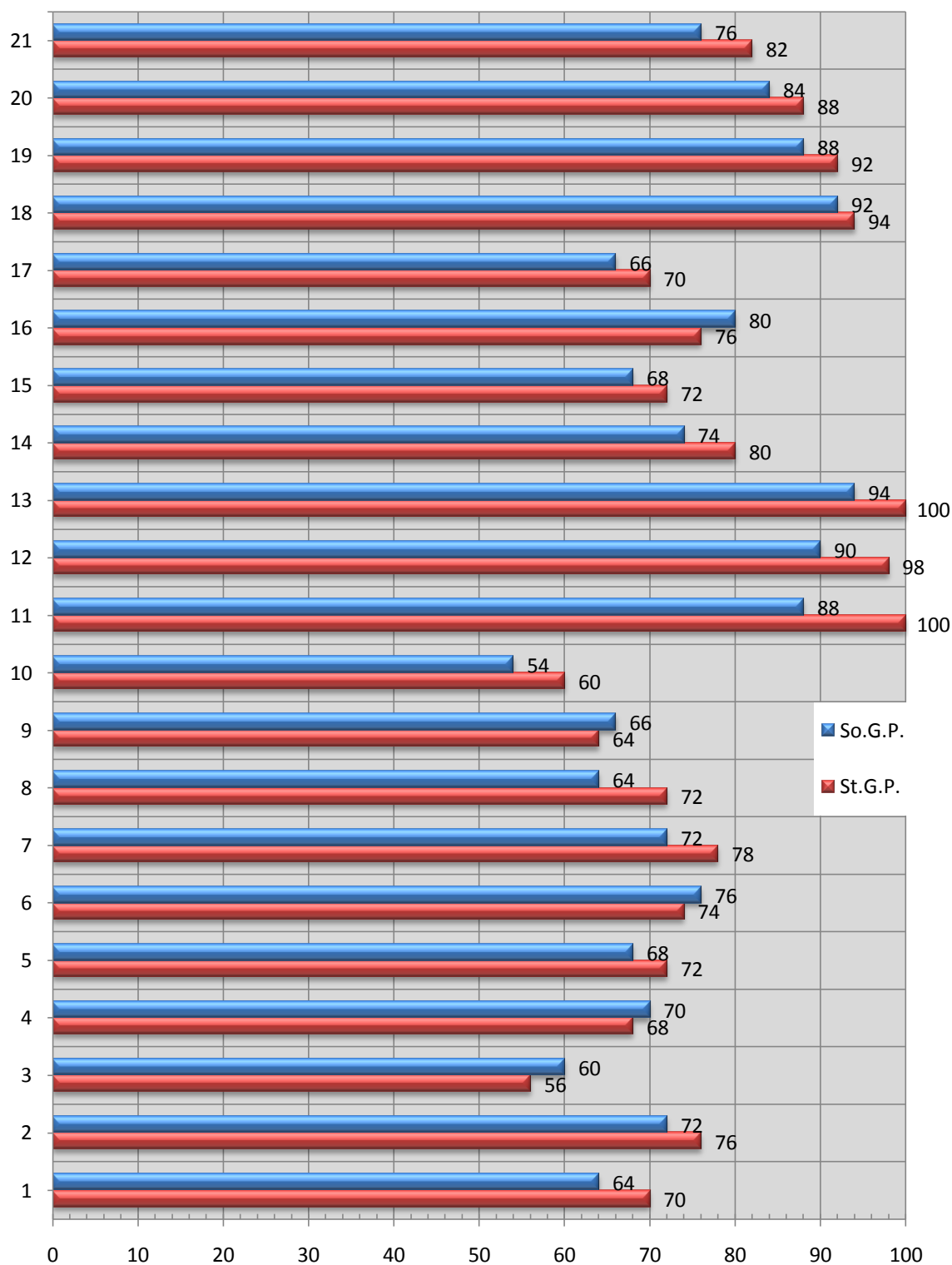
Tab. 4: Absolutní a procentuální vyjádření správných odpovědí u jednotlivých otázek.

Otázka	Státní gymnázium Praha		Soukromé gymnázium	
	Správná odpověď	%	Správná odpověď	%
1	35	70	32	64
2	38	76	36	72
3	28	56	30	60
4	34	68	35	70
5	36	72	34	68
6	37	74	38	76
7	39	78	36	72
8	36	72	32	64
9	32	64	33	66
10	30	60	27	54
11	50	100	44	88
12	49	98	45	90
13	50	100	47	94
14	40	80	37	74
15	36	72	34	68
16	38	76	40	80
17	35	70	33	66
18	47	94	46	92
19	46	92	44	88
20	44	88	42	84
21	41	82	38	76

Zelená čísla odpovídají výsledkům otázek, ve kterých studenti nejméně chybovali, naopak červená čísla upozorňují na otázky, kde se chybovalo nejvíce. Modrá čísla označují otázky, u kterých dosáhli studenti největšího zlepšení.

Opět pro přehlednost byly výsledky tabulky 4 zaneseny do grafu 2, kde modrou jsou zakreslena procenta správných odpovědí v jednotlivých otázkách studentů soukromého gymnázia Praha a červeně procenta správných odpovědí studentů státního gymnázia.

Graf 2: Procentuální vyjádření správných odpovědí u jednotlivých otázek pro obě pražská gymnázia (**St.G.P.** = státní gymnázium Praha; **So.G.P.** = soukromé gymnázium Praha)



Studenti státního gymnázia v Praze byli ve 2. šetření nejméně úspěšní v otázce č. 11 „ Proč nemají ptáci na rozdíl od savců bránici?“ (100% správných odpovědí).

Druhá otázka, ve které studenti státního gymnázia nejméně chybovali, byla otázka č. 13 „ K čemu slouží některým ptákům kaménky ve svalnatém žaludku?“ (100% správných odpovědí).

Studenti soukromého gymnázia v Praze nejméně chybovali u otázky č. 13 „ K čemu slouží některým ptákům kaménky ve svalnatém žaludku?“ (94% správných odpovědí).

Jelikož tyto otázky patřily k nejméně úspěšným i v 1. šetření, lze říci, že u nich došlo pouze k připomenutí a upevnění předchozích znalostí.

Studenti státního gymnázia v Praze nejvíce chybovali u otázky č. 3 „Při pozorování ptačího brku jsou někdy na ostnu patrné zbytky cév, které brk vyživují. Z toho plyne, že na rozdíl od chlupu savců je tak ptačí pero původem z:“ (56% správných odpovědí). Studenti si často pletli ektoderm s entodermem. Proto by bylo třeba zopakovat problematiku jednotlivých zárodečných listů. Oproti 1. šetření zde přesto došlo ke zlepšení o 34%.

U studentů soukromého gymnázia v Praze byla nejméně úspěšná otázka č. 10 „Proč ptáci ve spánku nepadnou z větve?“ (54% správných odpovědí). Lze přepokládat, že název daného svalu byl pro studenty obtížně zapamatovatelný a také zde sehrála roli nepozornost některých studentů. I zde ale nastalo oproti 1. šetření zlepšení a to o 20%.

Největšího procentuálního zlepšení dosáhli studenti státního gymnázia v Praze v otázce č. 5 „Kvůli zpevnění a větší ploše pro úpony svalů srůstají bederní a křížové obratle v tzv. SYNSACRUM, které pevně srůstá s pánví“ (ze 14% na 72% = zlepšení o 58%).

Druhá otázka, ve které došlo k největšímu zlepšení, byla otázka č. 16 „ Kvůli úspoře vody vylučují ptáci dusíkaté látky v podobě krystalků koncentrované KYSELINY MOČOVÉ“ (z 18% na 76% = zlepšení o 58%).

Studenti soukromého gymnázia v Praze dosáhli největšího procentuálního zlepšení u otázky č. 14 (z 18% na 74% = zlepšení o 56%).

Z toho vyplývá, že ačkoli se informace obsažené v těchto otázkách v učebnicích nachází, vyučující se o nich předtím nezmínili.

Tabulka 5 obsahuje absolutní množství studentů a procentuální množství studentů, kteří dosáhli jednotlivých testových bodů v zadaném dotazníku na státním a soukromém gymnáziu v Praze

Tab. 5: Výsledky 2. šetření na jednotlivých školách podle výše dosažených testových bodů.

Body	Státní gymnázium Praha		Soukromé gymnázium	
	Počet studentů	%	Počet studentů	%
21	1	2	0	0
20	2	4	2	4
19	5	10	3	6
18	7	14	6	12
17	9	18	7	14
16	9	18	9	18
15	8	16	7	14
14	5	10	7	14
13	4	8	5	10
12	0	0	3	6
11	0	0	1	2
10 - 0	0	0	0	0

Po provedení dvou projektových hodin získali studenti obou pražských gymnázií z testů výrazně vyšší počet bodů. Nejvíce studentů státního gymnázia v Praze dosáhlo v dotazníku hranice 16 a 17 bodů a to vždy 9 studentů z celkového počtu 50. Na soukromém gymnáziu v Praze dosáhlo nejvíce studentů hranice 16 bodů a to celkem 9.

Na státním gymnáziu dosáhl 1 student plného počtu 21 bodů, což se na soukromém gymnáziu žádnému studentovi nepovedlo, kde byl nejvyšší počet dosažených bodů 20, kterého dosáhli 2 studenti.

Nejnižšího počtu bodů na státním gymnáziu v Praze dosáhli 4 studenti a to 13. Na soukromém pak dosáhl 1 student 11 bodů. Můžeme předpokládat, že se jedná o

studenty, kteří nemají takový zájem o obor biologie. Přesto ale v porovnání z velmi špatnými výsledky z 1. šetření, můžeme pozorovat značné zlepšení.

Tabulka 6 znázorňuje celkový počet získaných bodů (z 1050 možných) v 2. dotazníkovém šetření, celkovou procentuální úspěšnost a průměrný počet dosažených bodů pro jednotlivé školy

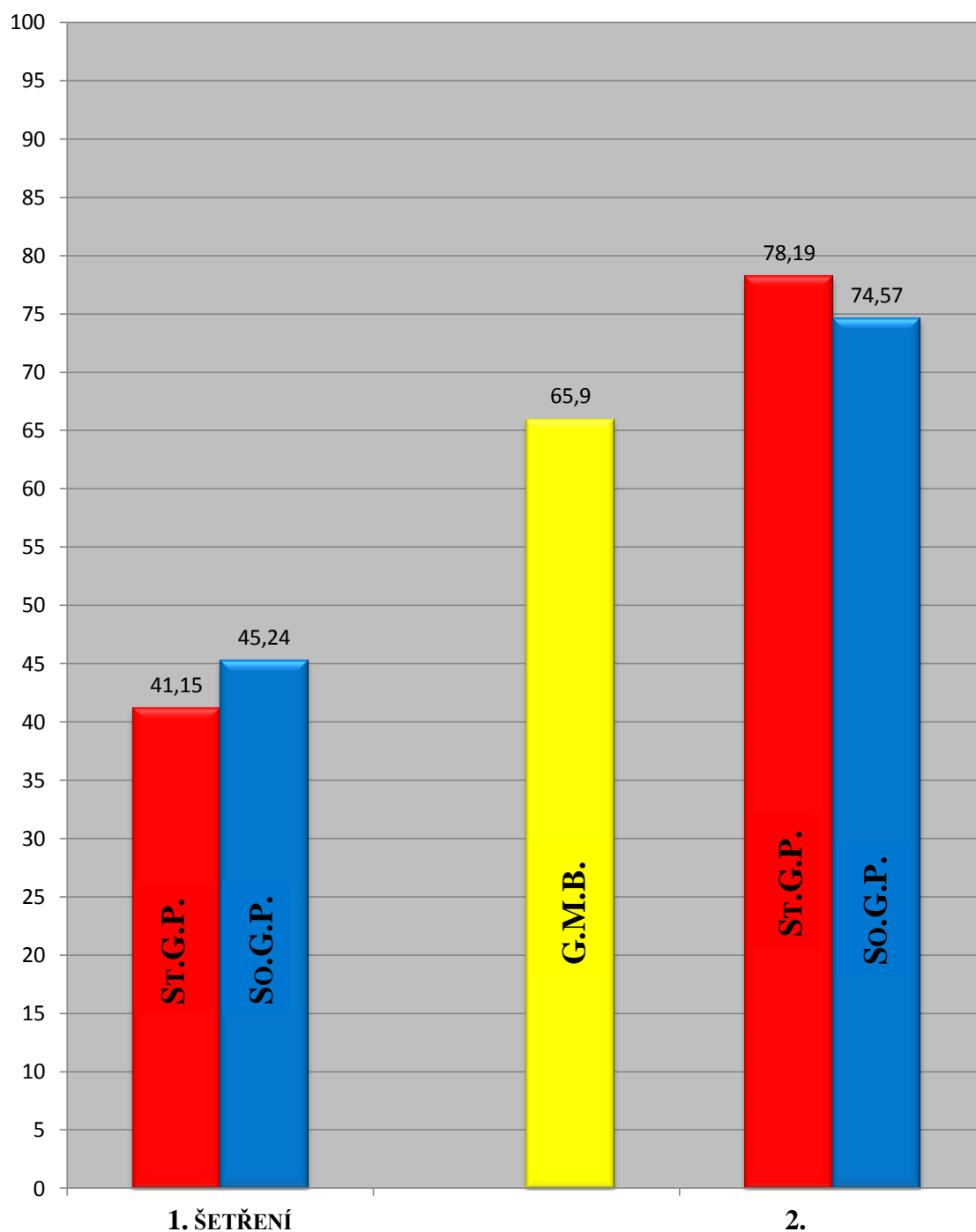
Tab. 6: Celkový počet získaných bodů, celková procentuální úspěšnost škol a průměrný počet dosažených bodů

Škola	Celkové body	%	Průměr bodů
Stání gymnázium Praha	821	78,19	16,42
Soukromé gymnázium	783	74,57	15,66

Výsledky 2. šetření získané po přednesení prezentací na pražských gymnáziích byly porovnány s výsledky 1. šetření na uvedených pražských školách a na gymnáziu v Mladé Boleslavi (viz graf 3)

Žlutý sloupec představuje procentuální úspěšnost studentů gymnázia Mladá Boleslav. Modré sloupce procentuální úspěšnost studentů soukromého gymnázia v Praze před a po projektových hodinách a červené sloupce znázorňují procentuální úspěšnost studentů státního gymnázia v Praze před a po projektových hodinách.

Graf 3: Porovnání výsledků testů na státním a soukromém gymnáziu v Praze před projektovými hodinami (1. šetření) a po projektových hodinách (2. šetření) s výsledky testů na gymnáziu Mladá Boleslav (**St.G.P.** = státní gymnázium Praha; **So.G.P.** = soukromé gymnázium Praha; **G.M.B.** = Gymnázium Mladá Boleslav)



Získané údaje v tabulce 6 a zobrazené v grafu 3 dokazují teoretické předpoklady účinnosti názorné výuky populární formou, přístupnou studentům různých vědomostních kategorií.

Vhodnou formu a přehledné názorné zpracování zvolených prezentací dokazuje skutečnost, že po realizaci projektových hodin byla celková úspěšnost studentů pražských gymnázií dokonce vyšší než původní výsledky testů získané na gymnáziu Mladá Boleslav u studentů, kteří absolvovali doplňkové přírodovědné semináře k uvedeným tématům.

Porovnáním výsledků obou pražských gymnázií došlo k výraznějšímu zlepšení po přednesu prezentací u státního gymnázia, kde studenti kladli v průběhu prezentace dotazy a projevovali, na rozdíl od některých studentů na soukromé škole, větší zájem o rozšíření znalostí.

18.3. Vyhodnocení hypotéz

1. hypotéza „Předpokládám, že rozsah učiva na téma anatomie a morfologie ptáků je ve středoškolských učebnicích neúplný a uvedené údaje nejsou pro výuku zcela dostatečně vysvětleny a analyzovány a z těchto důvodů bude nutné učebnice aktualizovat.“

Výsledky SWOT analýzy potvrzují tuto hypotézu. Lze konstatovat, že ani vcelku podrobná učebnice neposkytuje jasné vysvětlení úzké provázanosti ptačího pohybu (letu) se specifickými anatomickými a morfologickými znaky stavby ptačího těla.

2. hypotéza „Předpokládám, že v 1. dotazníkovém šetření znalostí studentů 3. ročníků státního a soukromého gymnázia v Praze bude minimálně polovina odpovědí správných.“

Tato hypotéza se nepotvrdila. Výsledky testů byly horší, na státním gymnázium studenti dosáhli 41% správných odpovědí a studenti soukromého gymnázia dosáhly hranice 45% správných odpovědí.

3. hypotéza „Předpokládám, že studenti 3. ročníku státního gymnázia v Mladé Boleslavi navštěvující biologický seminář, budou v dotazníkovém šetření v počtu správných odpovědí výrazně úspěšnější.“

Tato hypotéza byla potvrzena. U porovnání soukromého gymnázia v Praze s gymnázium v Mladé Boleslavi, kde mladoboleslavští gymnazisté získali o 20,7% správných odpovědí více, tedy 65,9%. Porovnáním výsledků studentů z Mladé Boleslavi s výsledky pražského státního gymnázia vyšel rozdíl ve prospěch mladoboleslavského gymnázia 24,8% správných odpovědí.

4. hypotéza „Předpokládám, že po realizaci projektové hodiny dosáhnou studenti 3. ročníků státního gymnázia v Praze a soukromého gymnázia v Praze minimálně tři čtvrtiny správných odpovědí.“

Tato hypotéza byla v podstatě potvrzena. Po projektové hodině počet správných odpovědí studentů státního gymnázia Praha vzrostl na 78,1% a počet správných odpovědí studentů soukromého gymnázia Praha vzrostl na 74,6%.

5. hypotéza „Předpokládám, že po realizaci projektové hodiny dosáhnou většího zlepšení studenti státního gymnázia v Praze.“

Tato hypotéza byla potvrzena. Procentuální úspěšnost na státním gymnáziu v Praze byla 78,1% oproti procentuální úspěšnost 74,6% státního gymnázia v Praze.

18.4. Vyhodnocení SWOT analýzy učebnic.

Z výsledků SWOT analýzy, provedené na základě podrobného prostudování učebnic (viz. přílohy - SWOT analýzy - 22.3. IV. str. 152, V. str. 154, VI. str. 156) vyplývá, že nejlépe si vedla učebnice *Biologie pro gymnázia* (Jelínek, Zicháček 2000). Hlavními výhodami je přehledné uspořádání učiva a jeho dostatečný rozsah, pak také hodně obrázků a obrazových příloh, které pomáhají v lepší představě o probíraných tématech a hlavně kontrolní otázky, testy a praktické cvičení na konci. Jako možná alternativa se jeví *Zoologie* (Papáček, Matěnová, Matěna, Soldán 2000), ve které je učivo taktéž velmi přehledné, v dostatečném rozsahu a dostatkem popisných obrázků v textu. Za

nedostatek však považuji chybějící kontrolní otázky a praktická cvičení. Nejméně bych doporučil *Biologie živočichů pro gymnázia* (Smrž, Horáček, Švátora 2004), kde je učivo v menším rozsahu, text v jednotlivých kapitolách dosti nepřehledný a místy malé, hůře čitelné písmo. Také je zde méně popisných obrázků a malá obrazová příloha. Jako pozitivum vidím kontrolní otázky na konci každé kapitoly. Praktická cvičení ale schází.

Z hlediska anatomie a morfologie ptáků jsou všechny hodnocené učebnice více či méně zaměřeny na popis faktů a prakticky neobsahují žádné evoluční souvislosti, vázané na charakteristické znaky ptáků. Studenti takto nejsou vedeni k zamyšlení nad stavbou a funkcí ptačího organismu, jeho přímé vazby na možnost létání a výrazné odlišnosti od ostatních obratlovců.

19. Závěr

Rozsah a výsledky mojí magisterské diplomové práce, její účinnost a praktický dopad lze shrnout do několika bodů.

a) Učebnice biologie pro gymnázia jsem hodnotil na základě SWOT analýzy. Nejvhodnější učebnicí je Biologie pro gymnázia, J. Jelínek a V. Zicháček. Tato učebnice je svým rozsahem v daném tématu dostatečná, přesto zde chybí větší důraz právě na charakteristické znaky ptáků a na jednotlivé souvislosti anatomie obratlovců. Na základě této analýzy doporučuji aktualizaci učebnice.

b) Úroveň a rozsah vědomostí studentů 3. ročníků gymnázií jsem ověřil modelovým testem na vybraných školách. Respondenty byli studenti 3. ročníků státního a soukromého gymnázia v Praze. Výsledky testu studentů těchto škol jsem ještě porovnal s výsledky studentů 3. ročníku gymnázia v Mladé Boleslavi, kteří kromě běžné výuky navíc navštěvují biologický seminář. Z šetření vyplynulo, že vědomosti studentů obou pražských gymnázií se základní výukou biologie byly nedostatečné.

c) Základní částí práce je podrobná rešerše, zpracovaná jako systematická studijní příručka anatomie a morfologie ptáků, včetně dvou názorných prezentací v PowerPointu „Anatomie a morfologie ptáků I“ a „Anatomie a morfologie ptáků II“. Kompletní celek je doplněn pracovními listy a praktickým laboratorním cvičením.

d) Po realizaci projektové hodiny s využitím těchto pomůcek jsem znovu hodnotil získané znalosti studentů. Vhodnost rozšířeného studijního materiálu a názorné výuky byla potvrzena vyšší úspěšností studentů pražských gymnázií i ve srovnání se studenty gymnázia v Mladé Boleslavi. Vytvořené studijní materiály zvyšují kvalitu středoškolského studia, kterou přibližují nárokům na přijímací zkoušky a studiu na vysoké škole.

Obecně lze říci, že při dnešním trendu zvyšování úrovně vzdělanosti studentů středních škol (například státními maturitami), by bylo vhodné základní osnovy výuky biologie na středních školách rozšířit o podrobnější informace, například v oblasti specifických znaků ptáků a doplnit v určitých mezích daná témata tak, aby převážná část nebyla ponechána pouze na možnosti absolvování přípravných seminářů pro studium na vysokých školách.

20. Seznam tabulek a grafů

Tab. 1: Absolutní a procentuální vyjádření správných odpovědí u jednotlivých otázek.

Tab. 2: Výsledky 1. šetření na jednotlivých školách podle výše dosažených testových bodů.

Tab. 3: Celkový počet získaných bodů, celková procentuální úspěšnost škol a průměrný počet dosažených bodů

Tab. 4: Absolutní a procentuální vyjádření správných odpovědí u jednotlivých otázek.

Tab. 5: Výsledky 2. šetření na jednotlivých školách podle výše dosažených testových bodů.

Tab. 6: Celkový počet získaných bodů, celková procentuální úspěšnost škol a průměrný počet dosažených bodů

Graf 1: Procentuální úspěšnost odpovědí u každé otázky pro jednotlivá gymnázia

Graf 2: Procentuální vyjádření správných odpovědí u jednotlivých otázek pro obě pražská gymnázia

Graf 3: Porovnání výsledků testů na státním a soukromém gymnáziu v Praze před projektovými hodinami (1. šetření) a po projektových hodinách (2. šetření) s výsledky testů na gymnáziu Mladá Boleslav

21. Literatura

- ANDRESKA, J., HANEL, L. *Vybrané kapitoly z autekologie a demekologie živočichů*. Praha: Karolinum, 2009. 237 s.
- BALÁT, F. *Klíč k určování našich ptáků v přírodě*. Praha: Academia, 1986. 320 s.
- BOCK, W. J. *History and nomenclature of Avian family*. New York: American museum of Natural History, 1994. 281 s.
- BRUCKNER, M., PROCHÁZKA, P. *Ptáci bez hranic*. Praha: Ganit, 1997. 158 s.
- BENEŠOVÁ, M. a kol. *Odmaturuj z biologie*. Brno: Didaktis, 1994. 224 s.
- CARROLL, R. L. *Paläontologie und Evolution der Wirbeltiere*. New York: Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1993. 684 s.
- DIERK, F. *Etologie*. Praha: Karolinum, 1996. 323 s.
- FEDUCCIA, A. *The Origin and Evolution of Birds*. London: New Haven, 1996. 420 s.
- GAISLER, J., ZIMA, J. *Zoologie obratlovců*. Praha: Academia, 2007. 692 s.
- HANZÁK, J., BOUCHNER, M., HUDEC, K. *Světlem zvířat II. Ptáci I.* Praha: Albatros, 1974. 413 s.
- HUDEC, K. a kol. *Fauna ČSSR, Ptáci-Aves II.* Praha: Academia, 1977. 892 s.
- HUDEC, K. a kol. *Fauna ČSSR, Ptáci-Aves III.* Praha: Academia, 1983. 704 s.
- HECHT, M. K., OSTROM, J. H. *The Beginings of Birds*. Willibaldsburg: Freude des Jura Museum Eichstatt, 1985. 382 s.
- HENDL, J. *Kvalitativní výzkum*. Praha: Portál. 2008. 407 s.
- JELÍNEK, J., ZICHÁČEK, V. *Biologie pro gymnázia*. Olomouc: Olomouc, 2003. 559s.
- KARDONG, K. V. *Vertebrates*. Washington: McGraw-Hill, International edition, 2002. 761 s.

- KENT, G. C. *Comparative anatomy of the Vertebrates*. USA, Dubuque:WCB Publishers, 1987. 681 s.
- KVASNIČKOVÁ, D. a kol. *Ekologický přírodopis pro 8. Ročník*. Praha: Fortuna, 1997. 128 s.
- LOSOS, B. a kol. *Ekologie živočichů*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1985. 316 s.
- MAŇÁK, J. a kol. *Kapitoly z metodologie pedagogiky*. Brno: Masarykova univerzita, 1994. 125 s.
- MUDRYCHOVÁ, J. *Maturitní otázky- biologie*. Třebíč: R.Veselý, 1999. 115 s.
- PAPÁČEK, M., MATĚNOVÁ, V., MATĚNA, J., SOLDÁN, T. *Zoologie*. Praha: Scientia, 2000. 286 s.
- REECE, W. O. *Fyziologie a funkční anatomie*. Praha: Grada publishing, 2011. 473 s.
- RICHARDS, P. *Ornithologi*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 362 s.
- ROČEK, Z. *Historie obratlovců*. Praha: Academia, 2002. 512 s.
- ROČEK, Z. *Evoluce obratlovců*. Praha: Academia, 1985. 216 s.
- ROMER, A. S., PARSONS, T. S. *The Vertebrate Body*. Philadelphia: V.B.Sounders Company, 1977. 624 s.
- ŘEZANKOVÁ, H. *Analýza dat z dotazníkových šetření*. Praha: Professional Publishing, 2007. 212 s.
- ŘEZNÍČEK, J., ROČEK, Z. *Srovnávací anatomie obratlovců*. Praha: Universita Karlova, 2007. 91 s.
- SAUER, F. *Vodní ptáci*. Praha: Ikar, 1996. 287 s.
- SIBLEY, J. E. *Phylogeny and classification of birds*. New Haven: Yale University, 1990. 976 s.

SMRŽ, J., HORÁČEK, I., ŠVÁTORA, M. *Biologie živočichů pro gymnázia*. Praha: Fortuna, 2004. 207 s.

ŠPINAR, V. *Paleontologie obratlovců*. Praha: Academia, 1984. 859 s.

VESELOVSKÝ, Z. *Chováme se jako zvířata?*. Praha: Panorama, 1992. 244 s.

VESELOVSKÝ, Z. *Obecná ornitologie*. Praha: Academia, 2001. 357 s.

VESELOVSKÝ, Z. *Etologie biologie, chování zvířat*. Praha: Academia, 2005. 407 s.

ZICHÁČEK, V. *Zoologie*. Olomouc: FIN, 1995. 292 s.

Internetové odkazy

<http://82.114.195.35:90/Vyuka/Ka%C4%8D%C3%ADrkov%C3%A1%20Jarmila/2.ro%C4%8Dn%C3%ADk/09%20Strunatci/5%20Pt%C3%A1ci/> [26. 1. 2011]

http://www.geo.ucalgary.ca/~macrae/t_origins/archaeopteryx/ [10. 2. 2011]

<http://www.naturpark-altmuehltal.de/cs/topten/steinwelten/> [10. 2. 2011]

<http://www.oceansofkansas.com/Hesperornis/marhesp.jpg> [15. 2. 2011]

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ichthyornis_skeleton.jpg [15. 2. 2011]

<http://people.eku.edu/ritchisong/RITCHISO//birdskelton5.gif> [24. 2. 2011]

<http://www.britannica.com/EBchecked/media/44426/Pectoral-girdle-of-a-generalized-bird> [8. 3. 2011]

<http://absolventi.gymcheb.cz/2009/jadrsmi/smysly.html> [19. 3. 2011]

<http://geologie.vsb.cz/paleontologie/paleontologie/zoopaleontologie/CHORDATA/Aves.htm> [15. 4. 2011]

<http://www.msmt.cz/vzdelavani/skolskareforma/ramcove-vzdelavaci-programy> [4. 5. 2011]

22. Přílohy